

VŠB-Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

# Samosvorné kleště

Self-locking Tongs

Student:

Bc. Tomáš Hoheisel

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Josef Jurman, CSc.

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání diplomové práce

Student:	<b>Bc. Tomáš Hoheisel</b>
Studijní program:	N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor:	3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace:	20 Výrobní stroje a zařízení
Téma:	<b>Samosvorné kleště</b> <b>Self-locking Tongs</b>

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte konstrukční řešení samosvorných kleští pro maximální šířku 500 mm a maximální hmotnost břemene 1000 kg.
2. Zpracujte rešerži technických a technologických požadavků.
3. Zpracujte kinematické řešení kleští pro zavěšování osamělých břemen s analýzou vlivu změny roztečí čepů na výslednou nosnost včetně potřebných výpočtů hlavních uzlů.
4. Zpracujte konstrukční návrh kleští pro alternativní řešení různé kinematiky.
5. Zpracujte dílenský výkres ramene kleští, min. 40 stran textu mimo přílohy.  
Rozsah výkresové dokumentace cca 2x A0.

## Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Jeřábek, K.: *Metodika navrhování strojů*. 1. vyd. Praha, Ediční středisko ČVUT Praha, 1999. 119 s.

Cvekl, Z. – Dražan, F.: *Teoretické základy transportních zařízení*. 1. vyd. Praha, SNTL 1976. 319 s.

Firemní literatura PRESTAR, a.s. Opava

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Josef Jurman, CSc.**

Datum zadání: 01.11.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: .....

.....  
Tomáš Hoheisel

Adresa:  
Nábřeží 99  
Kravaře  
747 21

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hoheisel, T. *Samosvorné kleště : Diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 57 s. Vedoucí práce Jurman, J.

V úvodní části diplomové práce jsem provedl rozdělení uchopovacích prostředků a zasvěcení do problematiky s manipulací materiálu. V další části jsem se zabýval vyjádřením matematického řešení vhodné optimalizace mezi vzdáleností čelistí uchopujících břemeno a vzdáleností dvojicí nosných čepů spodních ramen. Přitom byla potřeba zahrnout i výšku uchopení břemene pro kterou byla taktéž stanovena rovnice k návrhu a konstrukčnímu řešení samosvorných kleští na transport uchopených břemen. Matematické vyjádření daného problému má usnadnit navrhování kleští v praxi. V konečné části diplomové práce jsou vypočteny kritické a silově namáhané části kleští.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

Hoheisel, T. *Self-locking Tongs : Master Thesis*. Ostrava : VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of production machine and arrangements, 2010, 57 p. Thesis head: Jurman, J.

In the introductory part of the thesis I have made the distribution of gripping means and dedication to the problems with handling the material. The next part dealt with the mathematical expression of the appropriate solution to optimize the distance between jaws seizing load bearing and distance of a pair of pins lower legs. In doing so, was the need to include the height of the grip of proof, for which the equation was also established to design and structural design of self-locking pliers uchopených transport loads. Mathematical representation of the problem to facilitate the design of pliers in practice. In the final section of the thesis calculated the critical stress and strength of pliers.

## Obsah

Seznam použitých symbolu a označení .....	8
1 Úvod.....	10
2 Uchopovací a vázací prostředky .....	11
3 Převážované materiály .....	12
3.1 Svítky .....	12
3.2 Břemena .....	12
4 Přehled manipulačních prostředků pro uchopení břemen.....	13
4.1 Traverzy, závěsy .....	13
4.2 Nakládací vidlice.....	14
4.3 Svěrky .....	15
4.4 Přísavné a vakuové zařízení .....	16
4.5 Břemenové magnety.....	16
4.6 Drapáky a dopravní nádoby .....	17
4.7 Manipulační C-háky.....	19
4.8 Kleště.....	20
5 Technické a technologické požadavky .....	24
6 Konstrukční návrh samosvorných kleští.....	26
6.1 Použitý materiál pro konstrukci .....	27
6.2 Tuhost konstrukce .....	27
6.3 Hmotnost konstrukce .....	27
6.4 Odvození rovnice pro kontrolu svěrné síly kleští .....	28
6.5 Určení sil pro jednotlivá ramena kleští .....	31
6.5.1 Odvození síly $F_Z$ z momentové rovnice pro horní ramena kleští .....	33
6.5.2 Odvození sil z momentových rovnic pro dolní rameno kleští .....	34
6.5.3 Uvolnění břemene.....	36
6.6 Požadavek na minimalizaci rozměru kleští.....	36
6.7 Rozbor závislosti mezi rozměrem čelistí $X$ a vzdáleností čepů $D$ .....	40
7 Analýza vlivu svěrné síly na odlehlosti roztečí čepů ramen.....	45
8 Výpočty funkčních částí .....	48
8.1 Svařitelnost kovu .....	53
9 Závěr .....	55

Použitá literatura .....	56
Seznam příloh .....	57



## Seznam použitých symbolu a označení

$a$	výška průřezu svaru	[mm]
$A$	vzdálenost od síly působící v ose ramene	[mm]
$A_0$	horní část délky ramene A	[mm]
$b$	tloušťka materiálu	[mm]
$B$	výška uchopení břemene	[mm]
$C$	rozdíl rozměru	[mm]
$d$	průměr	[mm]
$D$	vzdálenost čepů	[mm]
$F$	síla	[N]
$f$	součinitel tření	[1]
$F_H$	síla v úložném čepu	[N]
$F_N$	svěrná síla	[N]
$F_T$	třecí síla	[N]
$F_Z$	síla působící v ose ramene	[N]
$G$	tíhová síla břemene	[N]
$h$	výška průřezu	[mm]
$k$	koeficient bezpečnosti	[1]
$k_{TS II}$	převodní součinitel bezpečnosti	[1]
$l$	délka svaru	[mm]
$M$	pomocný rozměr	[mm]
$M_o$	ohybový moment	[Nmm]
$N$	dopočtový rozměr	[mm]
$n$	vzdálenost od čelistí k čepu uchycení	[mm]
$O$	výška	[mm]
$O_1$	požadovaná výška při sevření ramen	[mm]
$O_2$	vypočtená výška	[mm]
$p$	tlak na otlačení	[MPa]
$p_D$	dovolený tlak	[MPa]
$r$	délka části spodního ramene mezi čepy	[mm]
$R_e$	mez kluzu	[MPa]

$S$	průřez	$[\text{mm}^2]$
$S_{\text{sv}}$	plocha svaru	$[\text{mm}^2]$
$W_o$	průřezový modul v ohybu	$[\text{mm}^3]$
$X$	vzdálenost čelistí	$[\text{mm}]$
$z'$	vzdálenost svislé osy od čepu uložení čelistí	$[\text{mm}]$
$\alpha$	úhel sevření ramen	$[\text{°}]$
$\beta$	úhel svislé složky k rozměru $r$	$[\text{°}]$
$\Delta A$	spodní část délky ramene $A$	$[\text{mm}]$
$\sigma$	normálové napětí	$[\text{MPa}]$
$\sigma_D$	dovolena hodnota napětí v tahu	$[\text{MPa}]$
$\tau_D$	dovolena hodnota napětí ve smyku	$[\text{MPa}]$
$\tau_{\text{Dsv}}$	dovolené smykové napětí ve svaru	$[\text{MPa}]$
$\tau_S$	smykové napětí	$[\text{MPa}]$

## 1 Úvod

Pro řešení určitého problému manipulace s materiálem je obvykle zapotřebí kombinace několika druhů manipulačních prostředků a zařízení. Před rozhodnutím o použití nejvhodnější možné alternativy je třeba analyzovat situaci, která vyplývá navržením technologické linky. Při tomto posuzování je nutno uplatnit všechna hlediska, která v daném případě přicházejí v úvahu. Je třeba také dobré vědět, že manipulační zařízení většinou nezastarávají tak rychle jako jsou např. obráběcí stroje. Proto při navrhování manipulačních zařízení je nutno uvážit požadavky na ně kladené po dobu jejich životnosti, neboť při změně výroby lze obvykle manipulační zařízení upravit a přizpůsobit novým požadavkům.

Rychlost připevnění břemene a tím i rychlost celého manipulačního procesu je závislá, na volbě vhodných prostředků pro jejich uchopení. Prostředky pro uchopení břemen jsou buď pro sypné materiály anebo pro jednotlivá břemena (některé prostředky jsou použitelné pro oba druhy – například vícečelist'ové drapáky lze použít pro sypné materiály i pro jednotlivá břemena).

Pro jednotlivá břemena se používá vazacích lan a řetězů, travers, závěsů, kleští a drapáků se zvlášť upravenými čelistmi; pro sypné materiály se uplatňují nádoby a čelist'ové drapáky.

Uchopení břemen anebo nabrání sypkých materiálů musí být snadné a rychlé, aby vyžadovalo co nejméně lidské práce, provoz musí být bezpečný, břemeno se nesmí poškozovat a hmotnost zařízení pro uchopení musí být co nejmenší.

Uchopení břemen je možné těmito způsoby:

- a) Ruční pomocí vazáků, travers, popřípadě třecími držáky a některými jednoúčelovými zařízeními pro uchopení
- b) Částečně mechanizované závěsy s chapadly, kleštěmi a výklopnými nádobami
- c) Mechanizované použitím drapáků anebo některých druhů kleští, pomocí přísavek a elektromagnetů

## 2 Uchopovací a vázací prostředky

Kvalita, provedení a technická úroveň vázacích prostředků neovlivňuje jen produktivitu, ale především bezpečnost práce. Používané uchopovací, vázací a závěsné prostředky by měly splňovat následující kritéria:

- umožnit snadné a rychlé uchopení břemene
- nepoškozovat sebe ani břemeno
- malou vlastní hmotnost
- zaručovat náležitou bezpečnost provozu
- vyžadovat co nejméně práce obsluhy

Prostředky pro zavěšení nebo uchopení břemen se používají všude tam, kde nelze břemena technicky, hospodárně anebo bezpečně uvázat pomocí vázacích prostředků. Jedná se především o břemena, která mají složitější tvar, jsou manipulována v nevhodném prostředí (vysoké teploty, vlivy chemikálií, záření a jiné); jsou nevhodné konzistence (tekuté, sypké, kusové); jsou přepravována v hromadné výrobě a v neposlední řadě mohou ohrozit bezpečnost obsluhy případně provozu.

Všechny prostředky k zavěšení, vázání, anebo uchopení břemen, pokud nejsou součástí zdvihacího zařízení, musí být výrobcem označeny základní nosností (dovoleným zatížením). Musejí být udržovány, prohlíženy, kontrolovány a zkoušeny podle uvedené normy. Pouze prostředky pro zavěšení nebo uchopení, pokud jsou trvalou součástí zdvihacího zařízení, se prohlízejí, kontrolují a zkoušejí společně se zdvihacím zařízením.

Prostředky pro uchopování břemen mohou být:

- a) odnímatelné – zavěšují se na hák jeřábů (traverzy, drapáky, magnety, kleštiny, pánve)
- b) neodnímatelné – jsou trvalou součástí jeřábů (traverzy, chapadla, kleště)

Podle způsobu ovládání se prostředky dělí:

- a) manuální – vazač provádí zavěšení nebo uchopení břemene a jeho odvěšení (např. pomocí „S“ háků, „C“ háků, svěrek, lan, řetězů, popruhů apod.)
- b) automatické – používané bez vazačové manipulace (kleště s hydraulickým ovládáním, drapáky, manipulátory pro svazkovaný tyčový materiál, elektromagnety)

### **3 Přpravované materiály**

Materiál se převáží a skladuje v tzv. manipulačních jednotkách, kterými podle charakteru materiálu mohou být: svazky, svitky, pakety, přepravní prostředky. U rozměrných a těžkých materiálů tvoří manipulační jednotku přímo jeden kus, např. odlitek.

#### **3.1 Svítky**

Skupina svitkových materiálu zahrnuje širokou oblast hutního materiálů ( pásy, dráty, plechy ), jejichž vnější rozměry obvykle jsou  $\varnothing$  500, 600, 800, 900, 1200 až 1300 mm podle druhu materiálu. Zároveň hmotnost svitku je různá, od několika desítek kg až po několik tun. Dnešní manipulace se svitky využívá otvoru ve svitku k uchycení břemene pomocí C-háků nebo nosnými čepy.

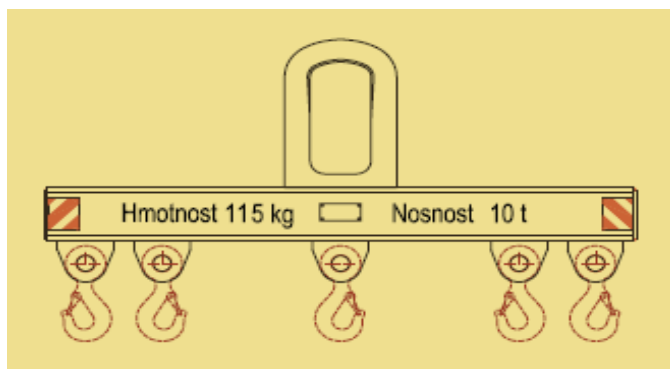
#### **3.2 Břemena**

Pod pojmem břemeno, jehož je možné v tomto případě použít pro přepravu, se rozumí jakýkoliv materiál, který se pomocí vázacích prostředků či vlastními úchyty bude moci dát za daných podmínek zavěsit na hák a přemístit.

## 4 Přehled manipulačních prostředků pro uchopení břemen

### 4.1 Traverzy, závěsy

K zavěšení dlouhých břemen nebo při zavěšení jednoho břemene na dvou jeřábech se používají traverzy. Protože se použije dvou jeřábu nebo koček nestejně nosnosti, je nutné v tom případě určit polohu místa zavěšení břemene na traverzy.[4]



Obrázek 4.1 Traverza [8]

Traverza (Obrázek 4.1) je vytvořena spojením základního nosníku se systémem volných kladek. Břemeno je neseno několika háky nebo také chapadly a magnety. Traverza se často používá jako pomocný orgán při spolupráci dvou jeřábů pro zvedání břemen, jejichž tíha je větší, než nosnost jednoho jeřábu. V hutích se také používá licí traverza, u níž je použito licích háků. Licí háky mohou být dva, nebo dvojitý lamelový hák s okem uprostřed traverzy pro plnou nosnost jeřábu.

Rozdělení:

- pevná, stavitelná, teleskopická (Obrázek 4.2), otočná, výložníková, magnetická, speciální, pro mřížové klece



Obrázek 4.2 Stavitelná, teleskopická traverza [8]

## 4.2 Nakládací vidlice

Nakládacích vidlic upravenými podle tvaru předmětu se používá především tam, kde se nabírá větší počet předmětů stejného druhu, například trub nebo tyčové oceli. Vidlice (Obrázek 4.3) musí umožnit snadné nabírání a v některých případech se nabrání usnadňuje podložením předmětu určených k uchopení.

Standardní typy nakládacích vidlic slouží především pro přepravu břemen na paletách. Počet nosných vidlic, rozteč nosných vidlic a světlost nakládacích vidlic je určována rozměry přepravovaných břemen. Pro manipulaci s menšími břemeny, jako jsou svazky nástřihů, jsou vyráběny rozměrově menší nakládací vidlice s jednou či dvěma nosnými vidlemi a přítlačným stolem.



Obrázek 4.3 Vidlice [8]

## Elektromotorické a elektrohydraulické nakládací vidlice

Jsou používány především tam, kde je vysoká frekvence přepravy materiálu. Dané zařízení (Obrázek 4.4) je možno rozměrově a funkčně uzpůsobit potřebám daného provozu.



Obrázek 4.4 Elektromotorické vidlice [8]

## 4.3 Svěrky

Jsou v současné době (Obrázek 4.5) nejčastěji používány pro uchopení plechu. Na rozdíl od kleští mají jednu pohyblivou čelist, neboť druhá čelist je pevná. Poměrně malé rozevření čelistí umožňuje použití svěrek pouze pro uchopení plochých břemen, především plechů. Potřebného přitlaku pohyblivé čelisti svěrky se docílí buď jako u kleští jednoduchým pákovým převodem nebo pomocí šroubu (šroubová svěrka) a klínovými nebo excentrickými svěrkami.



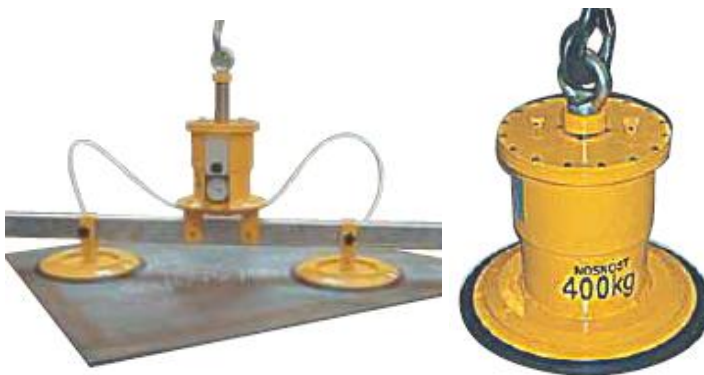
Obrázek 4.5 Svěrky [8]



#### 4.4 Přísavné a vakuové zařízení

Používají se pro manipulaci s materiály o větší ploše a menší hmotnosti, často neferomagnetických, které není možno manipulovat pomocí elektromagnetů. Jejich výhodou je to, že umožňují odebrání jen jednotlivých tabulí plechů i z nemagnetických materiálů jako jsou plastové desky, skleněné tabule a desky, materiály z kamene, dřevěné tabule, desky opatřené povrchovou neprodyšnou úpravou apod. a tabule se nepoškozuji (Obrázek 4.6).

Protože je možná úprava přísavky podle tvaru materiálu, je s nimi možno dopravovat i zaoblené stěny nádrží, potrubí apod. Zařízení se v principu skládá z nosného rámu zavěšeného na hák jeřábu, který lze zavěsit a podle potřeby přestavit jednotlivé přísavky. Konstrukce je řešena tak, aby její hmotnost byla co nejmenší. Počet přísavek je úměrná velikosti zatížení, umísťují se horizontálně i vertikálně. Zařízení je konstruováno tak, aby při přerušení dodávky proudu, velikost vakua v nádržích za normálních podmínek stačilo ještě nějakou určitou dobu (kolem 30 minut).



Obrázek 4.6 Vakuové samopřísavné manipulátory [8]

#### 4.5 Břemenové magnety

Jsou využívány k manipulaci se surovým železem, šrotem, plechy (svazkovanými, či volně stohovanými), bloky apod. Mívají tvar kruhový, obdélníkový, podkovitý (s úzkými pólovými plochami), s pohyblivými póly a do této skupiny také patří tzv. drapakové magnety.

Konstrukce magnetů se řídí druhem uchopovaných předmětů, jsou z ocelolitinových těles, které mají vytvořeny komůrky pro uložení cívek s póly. Tak např. používají se závěsy s elektromagnety pro manipulaci s jednotlivými tabulemi plechů nebo s malým množstvím plechů v tabulích. Pro odebírání jednotlivých tabulí plechu ze svazku je však nutno vybavit obsluhu zařízením pro zmenšování napětí (regulačním transformátorem), který umožňuje plynulé nastavení napětí.

Dosedací plocha elektromagnetu (Obrázek 4.7) se zhotovuje z bronzu nebo manganové oceli, aby opotřebování bylo co nejmenší. Staví se pro stejnosměrný proud 110 až 500 V, pro maximální nosnost 20 až 25 tun. Magnet má největší hmotnost u kompaktních bloků, kde jsou procházející siločáram vystaveny souvislé průřezy, u materiálů jako je např. šrot, třísky apod. jejich nosnost značně klesá.



Obrázek 4.7 Břemenové elektromagnety, obdélníkové a kruhové [8]

## 4.6 Drapáky a dopravní nádoby

Drapáky (Obrázek 4.8) umožňují jak ložení, vykládání, překládání i manipulaci sypkých materiálů. Od nádob se drapák odlišuje tím, že si materiál do svých čelistí nakládá automaticky.

Podle způsobu ovládání otevírání a zavírání čelistí, se drapáky rozdělují na lanové a motorové. U lanových drapáků se čelisti zavírají a otevírají tahem dvou lan, a to lanem

zavíracím a přidržovacím, která se navíjejí na dvoububnový mechanismus. Motorový drapák má zabudován vlastní motor, který ovládá čelisti pomocí mechanického nebo hydraulického převodu. [6]

Používají se nejčastěji pro hromadné sypké materiály, při vhodné úpravě čelistí jsou vhodné i pro uchopení některých břemen. Při nabírání materiálu s velkými kusy je nevýhodou dvou čelistových drapaků přičení těchto velkých kusů při zavírání čelistí drapaků, z tohoto hlediska je výhodnější více čelistový drapak, který má několik čelistí.

Drapáková ramena pak mají závěsná oka pro táhla a jsou opatřena noži z tvrdšího materiálu, jež chrání jejich hrany před opotřebením. Zabrzděním přídržného bubnu a odvíjením zavíracího lana z bubnu zavíracího se spodní hlava spouští a drapak tíhou této hlavy a čelistí otevírá. V této poloze se drapak pokládá na sypký materiál. Při zastaveném přídržném bubnu a uvolnění jeho lanek se uvede do chodu buben zavírací a tahem zavíracího lana mezi kladkami v horní a spodní hlavě se drapak zavírá a plní materiálem.



Obrázek 4.8 Polypový drapak [8]

Dopravní nádoby (Obrázek 4.9) se využívají k manipulaci, zdvihacími prostředky, sypkých materiálů. Materiál musí být do nich nasypán. V současné době se využívají nádoby ovládané jednoduchým zdvihadlem nebo dvoububnovým mechanismem.



Obrázek 4.9 Dopravní nádoby [8]

## 4.7 Manipulační C-háky

C-háky jsou manipulační prostředky sloužící k uchopení, transportu, překlápění svitku plechu nebo drátu, popřípadě cívek, trubek a břemen podobných tvarů. Nosná vidlice s opěrným lůžkem může být osazena ochranným materiálem secutex proti poškození manipulovaného břemena. V horní části je nad těžištěm umístěn závěs na hák, který může být v provedení pro jednoduchý hák, dvojitý hák, případně zavěšení přes dvouramenný řetězový úvazek.

Podle použití se rozdělují: C-háky standardní (bez protizávaží), C-háky s protizávažím (Obrázek 4.10) a C-háky překlápěcí.



Obrázek 4.10 C-hák [8]

## 4.8 Kleště

Kleště jsou využívány při manipulaci, zdvihacími prostředky, různých břemen a to jak studených tak i horkých. Svírají břemeno dvěma pohyblivými čelistmi, svěrací síla se zvětšuje pákovým převodem. Jsou vhodné především pro kompaktní jednotlivá břemena, jako například bedny, sudy, profilovou ocel, ocel kruhového průřezu atd.

Kleště se rozdělují na dva základní typy a to na kleště neovládané a ovládané.

Kleště neovládané jsou obvykle používány při manipulaci pouze se studenými břemeny. Po dosednutí na břemeno jsou kleštiny obvykle jen ručně rozvírány. Naklonění břemene je pak možné jen po dosednutí na pevnou podložku, podpěru nebo konstrukci.

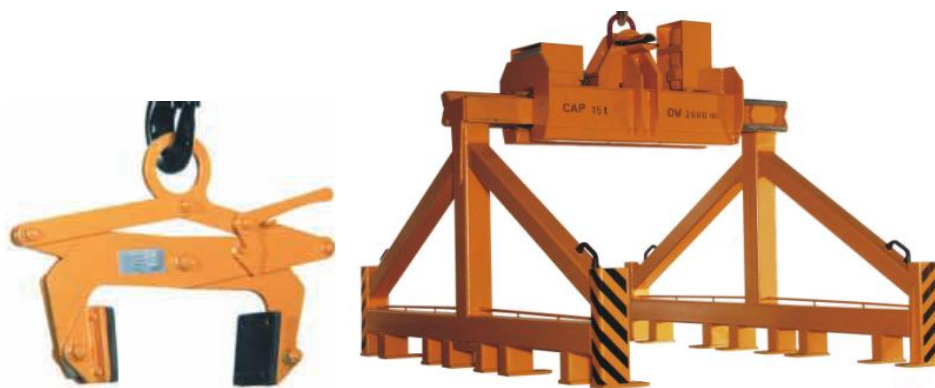
Kleště ovládané mají svislou dutou rouru nesenou vodícím příčnickem a opatřenou na konci ocelolitinovou hlavou, v jejichž šikmých výřezech klouzají čepy kleštin.

Kleště se samočinnou automatikou

Automatika je používána u všech typů rozměrnějších kleští a všude tam, kde je požadován bezobslužný provoz. Samočinná automatika se skládá z těla automatiky a výkyvného táhla. Automatika pracuje v daných cyklech. Kleště jsou rozevřeny, táhlo je zaaretováno v těle automatiky. Kleště se položí na břemeno a odlehčí se. Dojde k uvolnění táhla, při zvedání dojde k sevření ramen kleští. Po převezení břemene a následném položení břemene se ramena kleští rozevrou a zároveň se táhlo dostane do těla automatiky a dojde k jeho zaaretování, kleště zůstanou rozevřeny.

Kleště se samojistnou páčkou

Při pracovním cyklu se kleště položí na břemeno, obsluha odjistí páčku a při následném zvedání dojde k sevření břemene. Po přenesení břemene a jeho položení, se ramena kleští rozevírají. Při úplném rozevření se páčka sama zajistí a kleště zůstávají v rozevřené poloze.



Obrázek 4.11 Kleště na pravoúhlé produkty a kolejnice, teleskopické kleště [8]

- kleště na kruhové profily, kulatinu, kmeny (Obrázek 4.12), pro otáčení břemene



Obrázek 4.12 Kleště na kmeny [9]

kleště pro manipulaci s pravoúhlými produkty

- na pravoúhlé produkty, kartóny (Obrázek 4.13), balíky a bedny



Obrázek 4.13 Kleště na kartóny [9]



- pro manipulaci s kamennými nebo betonovými bloky (Obrázek 4.14)



Obrázek 4.14 Na bloky [9]

kleště pro manipulaci s ostatními typy břemen

- na kolejnice (Obrázek 4.15), pro skladové přepravky, pro sudy - stojící, ležící, pro ležící i stojící



Obrázek 4.15 Kleště na kolejnice [8]

kleště speciální

- kleště pro manipulaci se svitky drátů, plechů, papírů (Obrázek 4.16)



Obrázek 4.16 Kleště na svitky drátů [9]

- teleskopické kleště pro manipulaci se svitky plechů (Obrázek 4.17)



Obrázek 4.17 Teleskopické kleště [8]

- kleště pro manipulaci s betonovými produkty (Obrázek 4.18), pravoúhlými produkty, armovacími sítěmi



Obrázek 4.18 Kleště pro betonové produkty [9]

- otočné kleště



Obrázek 4.19 Kleště pro svitky drátů, plechů [8]



## 5 Technické a technologické požadavky

Jedná se o samosvorné kleště s uchopovacími čelistmi, které se uzavírají pod účinkem hmotnosti uchopených a přenášených břemen bez jakéhokoliv jiného přídavného zařízení a vázacího prostředku.

Samosvorné kleště jsou opatřeny svíracím mechanismem, který je tvořen kratšími závěsnými rameny kloubového systému, spojený s konci delších ramen kleští pomocí čepů (šroubového spoje) a jejich společného kolenového kloubu se závěsným okem pro zvedací hák. Obě delší spodní ramena jsou k sobě navíc vázána táhlem z důvodu souměrného rozevření či sevření čelistí. Celý tento svírací mechanismus je upevněn v nepohyblivém domku, který drží zároveň tvar celých kleští. Na koncích jsou opatřena spodní ramena pohyblivými nebo pevnými čelistmi, které mají na svém povrchu připevněné gumové obložení z důvodů neponičení přepravovaného břemene symetrických či nesymetrických tvarů. Čelisti mohou být různého tvaru a provedení, které se liší od druhu přepravovaného materiálu a pracovního prostředí.

Při opatření pevnými čelistmi, je jejich uchopovací schopnost spolehlivá jen v omezeném rozsahu rozměrů uchopovaných těles a tím pádem jsou kleště jen jednoúčelové, přizpůsobené poměrně přesně dodržované rozměrů uchopovaného a přenášeného břemene. Budou-li ale čelisti s výkyvnými závěsy na delších spodních ramenech kleští, pak se čelisti svou polohou přizpůsobí povrchu břemene a přilnou k němu po celé své ploše, i když uchopovaný rozměr vykazuje i větší odchylky od jmenovité hodnoty.

Tyto kleště mají celou řadu konstrukčních variant, které sledují požadavek, aby při jejich obsluze nebylo potřeba zásahu pracovní obsluhy. Tudíž musí mít takové provedení, které zajistí samočinné držení rozevřených čelistí při najíždění a usazování na uchopované břemeno a také jejich samočinné sevření při zvedání patřičného břemene a opětné rozevření při složení břemene na místo jeho potřeby. K tomuto účelu zde slouží automatika. Požadavkem je také stabilita kleští při zavěšení na hák, aby vlivem nevyrovnanosti se kleště nepřeklopili na stranu, jsou opatřeny na závěsném oku navářky, které se případně opřou o jedno či druhé horní rameno kleští.

## **Technické požadavky**

Jsou zadány těmito hodnotami:

Celková nosnost kleští 1000 kg

Maximální šířka břemene 500 mm

Dále jsem si zvolil tyto parametry:

minimální šířka břemene 250 mm

rozměr horních ramen 40 x 10 x 538,5 mm

rozměr A 350 mm

výška uchopení břemene B 237,2 mm

vzdálenost od čepu čelistem n 54 mm

délka části spodního ramene mezi čepy r 250 mm

vzdálenost čepů D 450 mm

## 6 Konstrukční návrh samosvorných kleští

Při konstrukčním návrhu samosvorných kleští vycházím ze stanovených podmínek, jednak pro maximální šířku uchopení přepravovaného břemene, která činí 500 mm a minimální šířka se obvykle volí do poloviny maximálního rozsahu, tudíž jsem zvolil 250 mm, dále pak jeho maximální zadanou nosností 1000 kg. Celkovou konstrukci tvoří horní a dolní ramena spojena k sobě kloubovým systémem. Čelistmi pro sevření přepravovaného břemene a závěsného oka pro hák jeřábu. Při uchopení břemene do čelistí se kleště nesmí v ramenu prohnout či dokonce jinak porušit, přičemž musí být dostatečně vyvinutá svěrná síla a zároveň nesmí dojít k porušení přepravovaného břemene. Horní ramena jsou uložena na konci svých délek v čepech (šroubových spojích) a jsou namáhána čistě tahovou silou, která je odvozená z tíhy břemene působící svou váhou na pákovém mechanismu.



Obrázek 6.1 Samosvorné kleště pro kulatinu

Protože však některé jejich díly a součástí jsou vystaveny poměrně značnému namáhání a nepříznivým okolním vlivům, je zapotřebí provádět pravidelnou kontrolu a údržbu kleští.

## 6.1 Použitý materiál pro konstrukci

Ke zhotovení samosvorných kleští se použije materiál 11 523, z jednotlivých plechů o různých tloušťkách. Je důležité navrhnout lehkou a pevnou konstrukci s co nejmenšími náklady na výrobu.

Ocel k tváření 11 523 ČSN 41 1523 Nelegovaná konstrukční jemnozrnná ocel vhodná ke svařování. viz Příloha 1

- mez pevnosti  $R_m$  441 až 667 MPa
- mez kluzu  $R_e$  284 až 490 MPa

pro další výpočty budu počítat s mezi kluzu  $R_e = 284$  MPa

Svařitelnost materiálu je zaručena do tloušťky 150 mm podle ČSN 05 1309 je vhodná ke svařování, maximální hodnotu uhlíkového ekvivalentu  $C_e$  lze dohodnout.

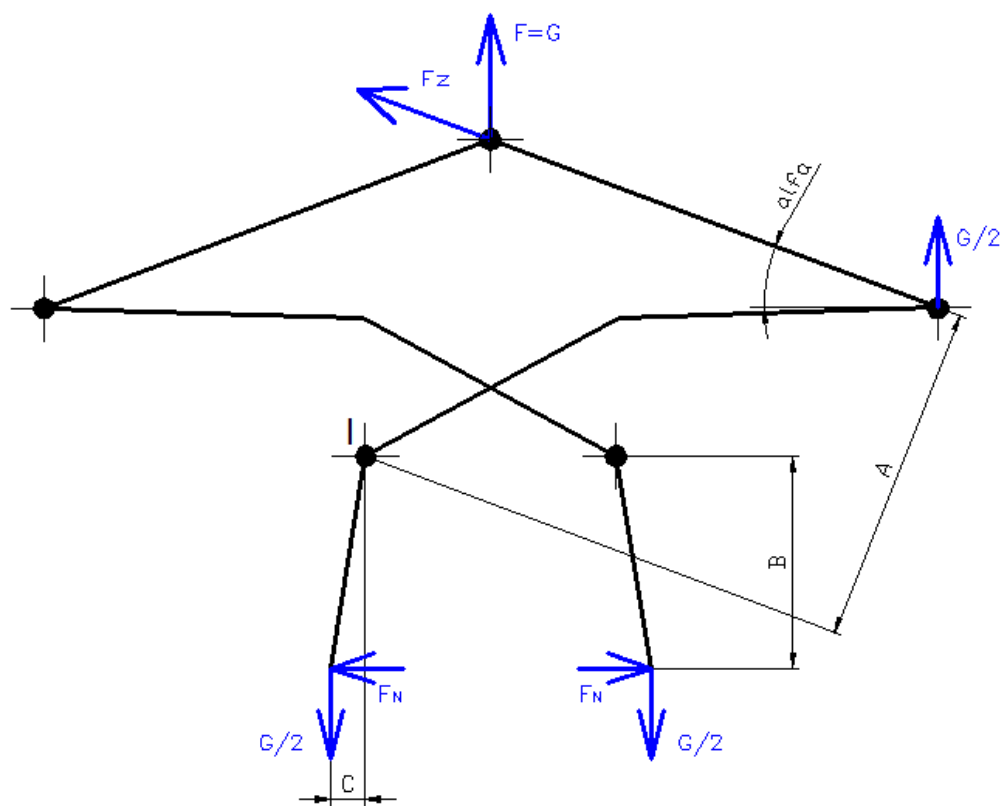
## 6.2 Tuhost konstrukce

Tuhost je jeden ze základního parametru, který určuje převážnou schopnost konstrukce. Velké deformace konstrukce nepříznivě ovlivňují celkovou činnost soustavy. Při optimalizaci konstrukce z hlediska hmotnosti se často vylehčuje konstrukce a maximálně využívá pevnostních vlastností materiálu. To je spojené zvyšováním deformací a snížením tuhosti.

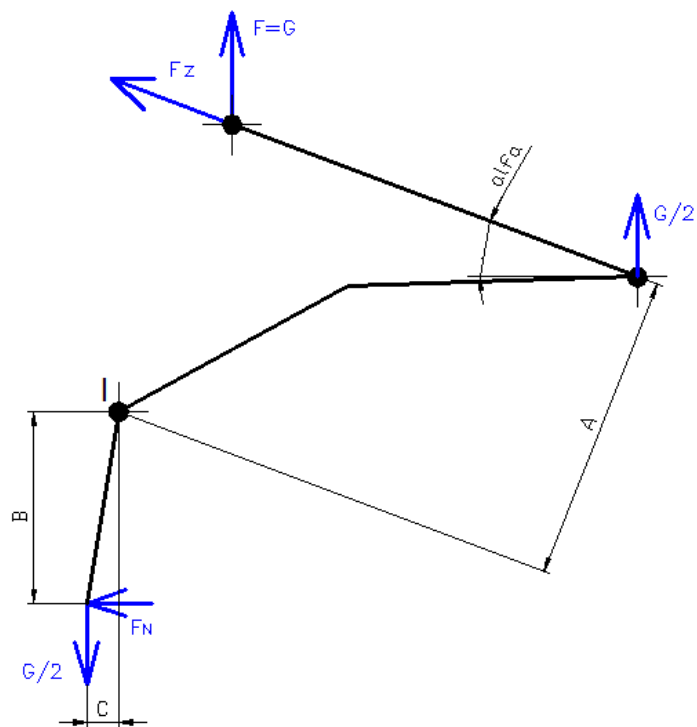
## 6.3 Hmotnost konstrukce

Hmotnost samotných kleští se odvíjí od použitého materiálu z jehož jsou vyrobeny, která v mém případě není příliš vysoká vůči přepravovanému břemenu, ale je v podstatě zanedbatelná. Proto je při samotném výpočtu svěrné síly zanedbávána. Je důležitým faktorem konstrukčního řešení a také jedním z kritérií jeho hodnocení, jenž vlastní hmotností celého zařízení je snížena užitková nosnost. Příliš velká hmotnost celého zařízení je nežádoucí s ohledem pro manipulaci ke kterému je zařízení navrhnuo a určeno.

## 6.4 Odvození rovnice pro kontrolu svěrné síly kleští



Obrázek 6.2 Schéma kleští a působící síly



Obrázek 6.3 Působící síly na ramenou kleští

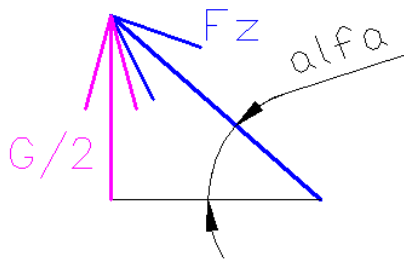
Z rovnováhy momentů k otočnému čepu v místě I z jedné strany ramen kleští dostanu momentovou rovnici:

$$\sum M_{iI} = 0$$

$$F_Z \cdot A - F_N \cdot B + \frac{G}{2} \cdot C = 0 \quad (1)$$

Určení velikosti tahové síly  $F_Z$  v horním rameni kleští.

Počáteční návrh vychází z předpokladu, že při sevření břemene o maximálním rozměru je úhel sevření ramen  $\alpha \approx 15^\circ - 20^\circ$ . V mém případě jsem zvolil úhel  $\alpha = 20^\circ$ . Také vycházím z podmínky sil, která působí na obou horních ramenech stejně. Proto při stanovení tahové síly  $F_Z$  vycházím z této podmínky sil.



Obrázek 6.4 Síly působící na rameni

$$\sin \alpha = \frac{G}{2 F_Z} \Rightarrow F_Z = \frac{\frac{G}{2}}{\sin \alpha} = \frac{G}{2 \cdot \sin \alpha} \quad (2)$$

Po dosazení a úpravě do momentové rovnice, dostanu svěrnou sílu  $F_N$ :

Pro zjednodušení se zanedbává hmotnost kleští, v úvahu se bere pouze čistě hmotnost břemene. Kontrola svěrné síly se provádí jak pro maximální, tak pro minimální rozměr uchopení. Rozměr  $C$  je buď kladný při maximálním rozměru břemene nebo záporný při minimálním rozměru břemene.

$$F_N \cdot B = F_Z \cdot A + \frac{G}{2} \cdot C$$

$$F_N \cdot B = \frac{G \cdot A}{2 \cdot \sin \alpha} + \frac{G \cdot C}{2} \quad (3)$$

$$F_N = \left( \frac{A}{2 \cdot \sin \alpha \cdot B} \pm \frac{C}{2 \cdot B} \right) \cdot G$$

kde:

$\alpha$  - úhel sevření ramen [°]

A – vzdálenost od síly působící v ose ramene [mm]

B – výška uchopení břemene [mm]

C – rozdíl rozměru [mm]

G – tíha břemene [N]

$F_N$  - svěrná síla [N]

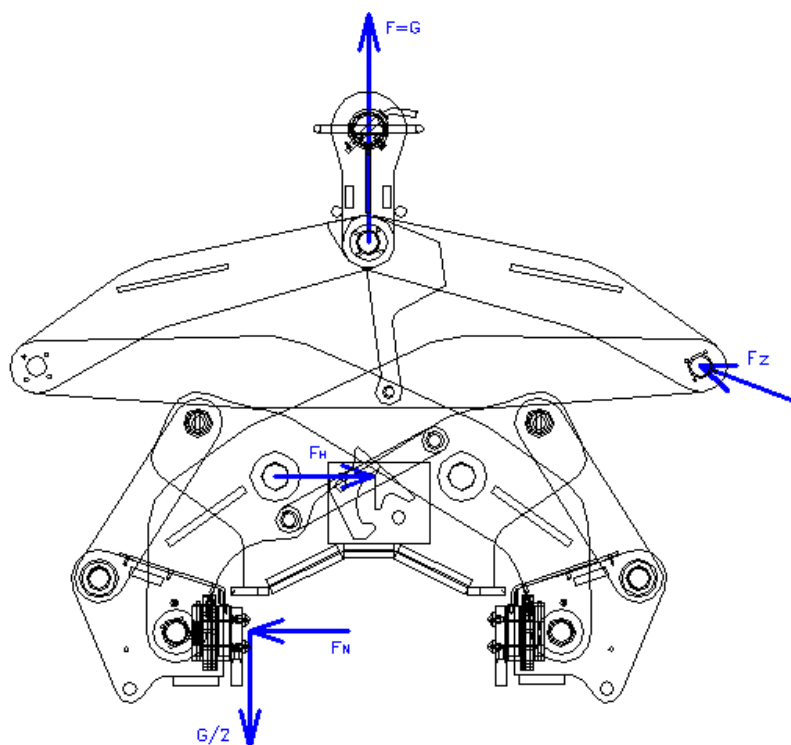
$F_Z$  - síla působící v ose ramene [N]

Z podmínky pro bezpečnost se volí součinitel  $k \geq 1,5$

$$F_N = k \cdot G \tag{4}$$

$$k = \left( \frac{A}{2 \cdot \sin \alpha \cdot B} \pm \frac{C}{2 \cdot B} \right) \geq 1,5 \tag{5}$$

## 6.5 Určení sil pro jednotlivá ramena kleští



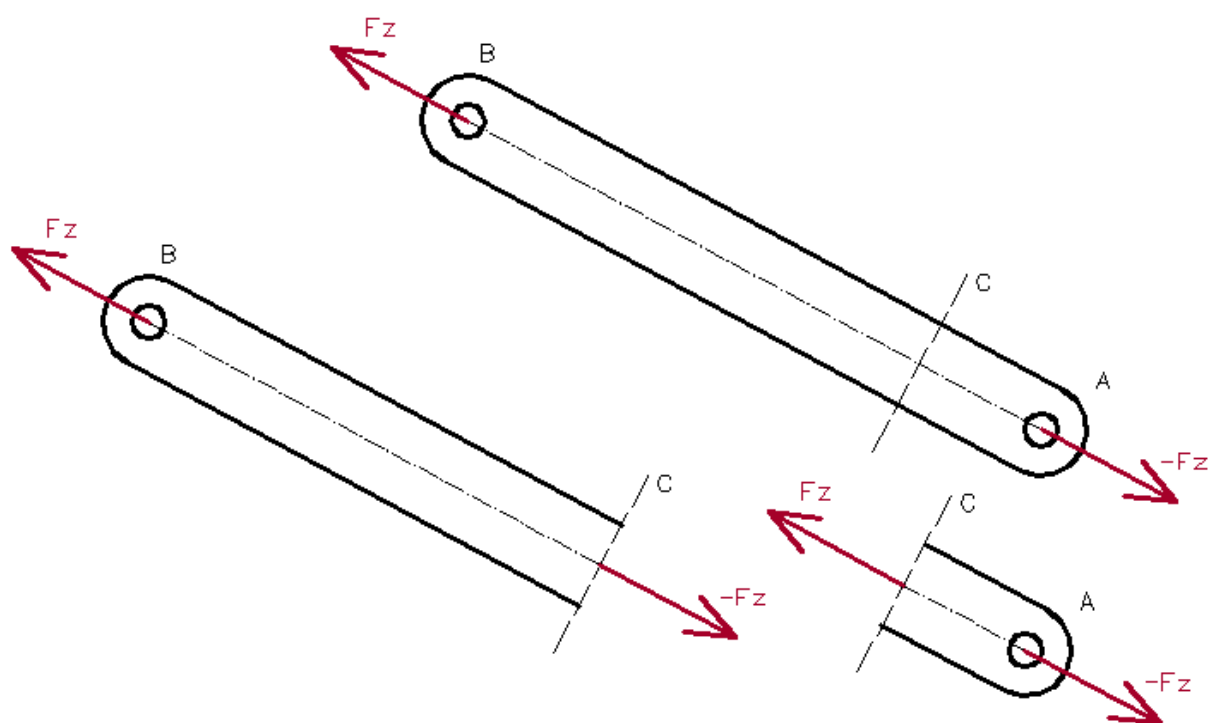
Obrázek 6.5 Síly působící na kleštích

### Vnitřní síly v horních ramenech

Vezměme v úvahu přímé dvojsilové rameno AB. Víme, že síly  $F_Z$  a  $-F_Z$  působící v bodech A, B musí ležet ve směru spojnice AB, jsou opačného smyslu a stejné velikosti  $F_Z$ . Rozdělme rameno v bodě C, pro zajištění rovnováhy v takto získaném příčném řezu AC a CB se musí v AC aplikovat síla  $-F_Z$  stejná, ale opačně orientovaná než síla  $F_Z$  v CB.

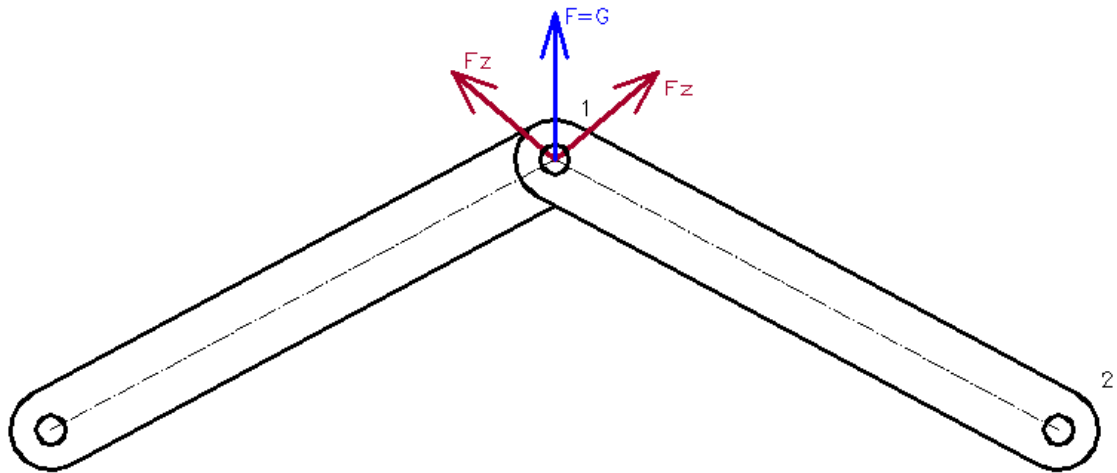
Tyto nové síly mají opačný smysl, leží-li v podélné ose AB a mají stejnou velikost  $F_Z$ . Protože obě části AC a CB byly před rozdělením ramene ve statické rovnováze, musí uvnitř tohoto ramene existovat rovnocenné síly k silám vnějším. Velikost  $F_Z$  těchto sil nezávisí na poloze příčného řezu v místě C, ale mluví se o ní jako o vnitřní síle v rameni AB. V tomto případě na těleso působí tahová síla, která má za důsledek vnitřních sil tendenci rameno prodlužovat.





Obrázek 6.6 Vnitřní síly působící v ramenou kleští

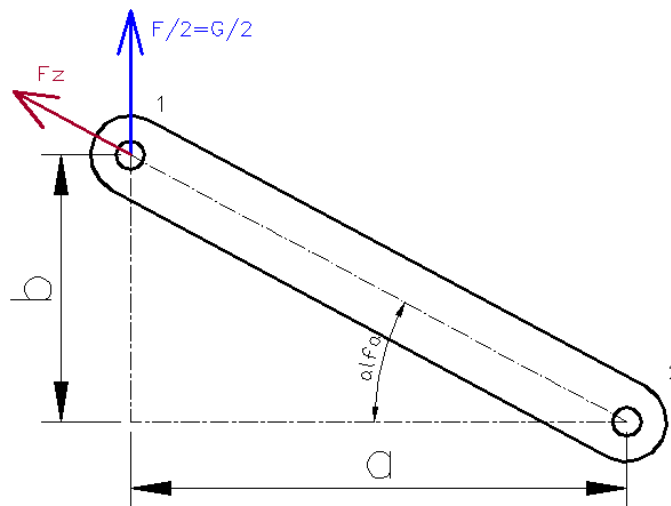
### 6.5.1 Odvození síly $F_Z$ z momentové rovnice pro horní ramena kleští



Obrázek 6.7 Horní ramena kleští

Z obrázku vyplývá, že síla  $F$  = tíhové síle břemene  $G = m \cdot g$

$$F = 2 \cdot F_Z \cdot \sin \alpha \Rightarrow F_Z = \frac{F}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{G}{2 \cdot \sin \alpha} \quad (6)$$



Obrázek 6.8 Uvolněné horní rameno kleští

Určíme sílu  $F_Z$  pro jedno jediné rameno, která je s ohledem na symetrii v obou ramenech naprosto stejná.

$$\tan \alpha = \frac{b}{a} \Rightarrow b = \tan \alpha \cdot a \quad (7)$$

$$\frac{F}{2} = F_z \cdot \sin \alpha \Rightarrow F_z = \frac{F}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{G}{2 \cdot \sin \alpha} \quad (8)$$

Z rovnováhy momentů k místu 2 dostanu momentovou rovnici pro horní rameno:

$$\sum M_{i2} = 0$$

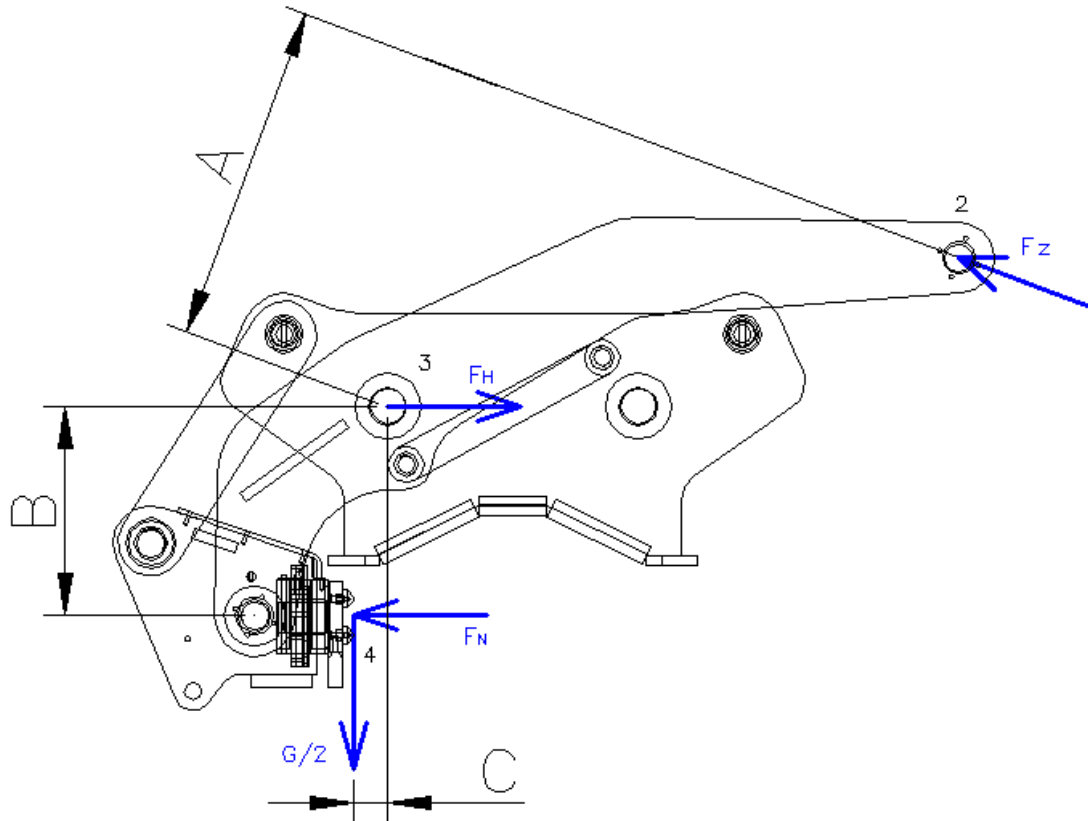
$$0 = \frac{G}{2} \cdot a - F_z \cdot \cos \alpha \cdot b + F_z \cdot \sin \alpha \cdot a$$

$$F_z = \frac{G \cdot a}{2 \cdot \cos \alpha \cdot b - \sin \alpha \cdot a} \quad (9)$$

$$F_{zy} = F_z \cdot \sin \alpha$$

$$F_{zx} = F_z \cdot \cos \alpha$$

### 6.5.2 Odvození sil z momentových rovnic pro dolní rameno kleští



Obrázek 6.9 Dolní rameno kleští

Z rovnováhy momentů k místu 2 dostanu momentovou rovnici:

$$\sum M_{i2} = 0$$

$$0 = F_N \cdot A \cdot \cos \alpha + B - \frac{G}{2} \cdot A \cdot \sin \alpha - C - F_H \cdot A \cdot \sin \alpha$$

$$F_N \cdot A \cdot \cos \alpha + B = \frac{G}{2} \cdot A \cdot \sin \alpha - C + F_H \cdot A \cdot \sin \alpha \quad (10)$$

$$F_N = \frac{G \cdot A \cdot \sin \alpha - C + 2 \cdot F_H \cdot A \cdot \sin \alpha}{2 \cdot A \cdot \cos \alpha + B}$$

Pro místo 3

$$\sum M_{i3} = 0$$

$$0 = -F_Z \cdot A - \frac{G}{2} \cdot C + F_N \cdot B$$

$$0 = -F_Z \cdot A - \frac{G}{2} \cdot C + \frac{G \cdot A \cdot \sin \alpha - C + 2 \cdot F_H \cdot A \cdot \sin \alpha}{2 \cdot A \cdot \cos \alpha + B} \cdot B \quad (11)$$

$$F_Z = \frac{G \cdot A \cdot \sin \alpha - C + 2 \cdot F_H \cdot A \cdot \sin \alpha}{2 \cdot A \cdot \cos \alpha + B} \cdot B - \frac{G \cdot C}{2 \cdot A}$$

Pro místo 4

$$\sum M_{i4} = 0$$

$$0 = F_H \cdot B - F_{Zx} \cdot A \cdot \sin \alpha + B - F_{Zy} \cdot A \cdot \cos \alpha + C$$

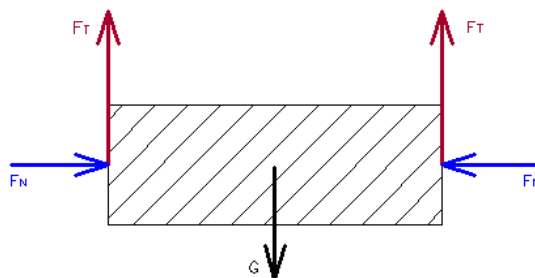
$$F_H = \frac{F_{Zx} \cdot A \cdot \sin \alpha + B + F_{Zy} \cdot A \cdot \cos \alpha + C}{B} \quad (12)$$

$$F_H = \frac{F_z \cdot \cos \alpha \cdot A \cdot \sin \alpha + B + F_z \cdot \sin \alpha \cdot A \cdot \cos \alpha + C}{B}$$

$$F_H = \frac{F_z \cdot \cos \alpha \cdot A \cdot \sin \alpha + B + \sin \alpha \cdot A \cdot \cos \alpha + C}{B}$$

### 6.5.3 Uvolnění břemene

Tíhu břemene  $G$  je nutno zachytit dvěma třecími silami  $F_T$ :



Obrázek 6.10 Uvolnění břemene

$$G = 2 \cdot F_T \Rightarrow F_T = \frac{G}{2}$$

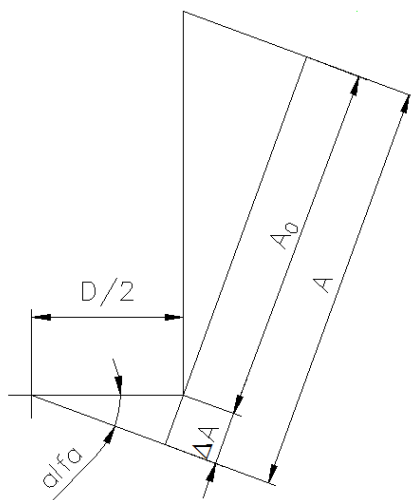
$$F_T = F_N \cdot f$$

$$\frac{G}{2} = F_N \cdot f \Rightarrow f = \frac{G}{2 \cdot F_N}$$

(13)

## 6.6 Požadavek na minimalizaci rozměru kleští

Z požadavku na minimalizaci rozměrů kleští (rozměr  $A$ ), je tento rozměr pro snadnější odvození rozdělen na dvě části. Rozměr  $A$  ze všech možných pokusu nešel určit pouze z daného rozměru vzdálenosti čepů  $D$  a úhlu sevření  $\alpha$  mezi rameny.



Obrázek 6.11 Rozdělení rozměru  $A$

Pro názornou ukázkou jsem zde uvedl neúspěšné pokusy.

Případ č. 1 Vycházel jsem z podobnosti trojúhelníku.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{N}{\frac{D}{2}} \Rightarrow \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{2 \cdot N}{D} \quad (14)$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{2 \cdot N}{D} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{\sin \alpha}{\frac{2 \cdot N}{D}} = \frac{\sin \alpha \cdot D}{2 \cdot N}$$

Zprv jsem si určil  $\cos \alpha$  z první rovnice a dosadil hodnoty do rovnice druhé.

$$\cos \alpha = \frac{A}{M} \quad (15)$$

$$\frac{A}{M} = \frac{\sin \alpha \cdot D}{2 \cdot N} \Rightarrow A = \frac{M \cdot \sin \alpha \cdot D}{2 \cdot N} \quad (16)$$

Jelikož neznám přímo hodnotu pomocného rozměru  $M$  a odečítat jí z výkresové dokumentace by nebyla ta nejideálnější volba, nemohu tento vzorec použít pro přímé určení rozměru  $A$ .

Případ č. 2 Pro celkové určení rozměru  $A$  je potřeba si odvodit rozměr  $O$  znázorněn na (Obrázku 6.12):

$$O = M - N = \frac{A}{\cos \alpha} - \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{D}{2} \quad (17)$$

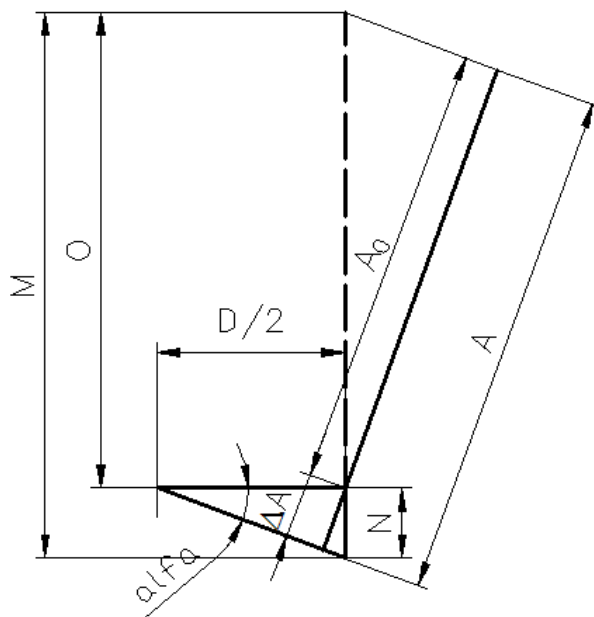
Do vzorce (číslo) dosadím za rozměr  $O$  a dostanu konečný vzorec pro rozměr  $A_0$ :

$$A_0 = \cos \alpha \cdot \left( \frac{A}{\cos \alpha} - \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{D}{2} \right) \quad (18)$$

Dosazením do vzorce jsem došel k poznatku že:

$$\begin{aligned}
 A &= A_0 + \Delta A = \cos \alpha \cdot \left( \frac{A}{\cos \alpha} - \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{D}{2} \right) + \sin \alpha \cdot \frac{D}{2} \\
 A &= A - \sin \alpha \cdot \frac{D}{2} + \sin \alpha \cdot \frac{D}{2} \\
 A &= A
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

Z tohoto je zřejmé, že ani v tomto případě jsem nedošel k rozumnému vyjádření rozměru hodnoty A.



Obrázek 6.12 Výpočtové rozměry

Hodnotu rozměru A pro snadnější výpočet rozdělím na dva kratší rozměry:

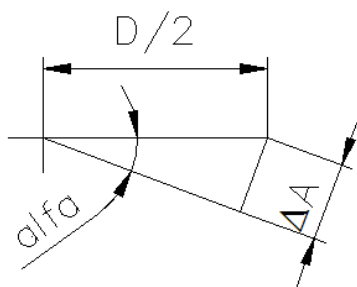
$$A = A_0 + \Delta A \tag{20}$$

Z jednotlivých rozdělení délky rozměru A si určím potřebné rozměry výpočtu

$$\cos \alpha = \frac{A}{M} \Rightarrow M = \frac{A}{\cos \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{A_0}{O} \Rightarrow O = \frac{A_0}{\cos \alpha} \quad (21)$$

Odvození rozměru  $\Delta A$  potřebný k určení rozměru A



Obrázek 6.13 Rozměr  $\Delta A$

Vycházím z toho, že úhel  $\alpha$  je totožný s úhlem  $\alpha$  svíraným mezi horními a dolními rameny.

$$\sin \alpha = \frac{\Delta A}{\frac{D}{2}} \Rightarrow \Delta A = \sin \alpha \cdot \frac{D}{2} \quad (22)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{N}{\frac{D}{2}} \Rightarrow N = \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{D}{2}$$

Pro celkové určení rozměru A dosadím do rovnice  $M = O + N$  vyjádřené vzorce:

$$M = O + N$$

$$\frac{A}{\cos \alpha} = \frac{A_0}{\cos \alpha} + \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{D}{2} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \quad (23)$$

$$A = A_0 + \sin \alpha \cdot \frac{D}{2}$$



Aby bylo zcela možné zpětně propočíst rozměr A pod úhlem  $\alpha = 20^\circ$  na rozměr A pod úhlem  $\alpha = 40^\circ$  je zapotřebí použití trojčlenky. Je vždy, ale za potřebí jej propočítat z rozměru O, jinak je výsledek nepřesný.

Jedná se zde o přímou úměrnost, tedy čím je úhel sevření mezi rameny větší, tím jsou i samotná ramena výše.

$20^\circ \dots\dots\dots O_1$

$40^\circ \dots\dots\dots O_2$

$$O_2 = \frac{40^\circ \cdot O_1}{20^\circ} \quad (24)$$

$O_1$  - požadovaná výška při sevření ramen  $\alpha = 20^\circ$  [mm]

$O_2$  - vypočtená výška z  $O_1$  [mm]

Zpětně se pak rozměr O dosadí do vzorce pro výpočet potřebného rozměru A s příslušným úhlem  $\alpha$ .

## 6.7 Rozbor závislosti mezi rozměrem čelistí X a vzdálenosti čepů D

K určení hodnoty B pro obě varianty závislosti ze zadaných parametru bylo zapotřebí si stanovit několik dalších společných rozměrů.

$$\sin \beta = \frac{z'}{r} \quad (25)$$

kde:

$r$  – délka části spodního ramene mezi čepy [mm]

$\beta$  – úhel svislé složky k rozměru  $r$  [ $^\circ$ ]

$z'$  – vzdálenost svislé osy od čepu uložení čelistí [mm]

$$B = r \cdot \cos \beta \quad (26)$$

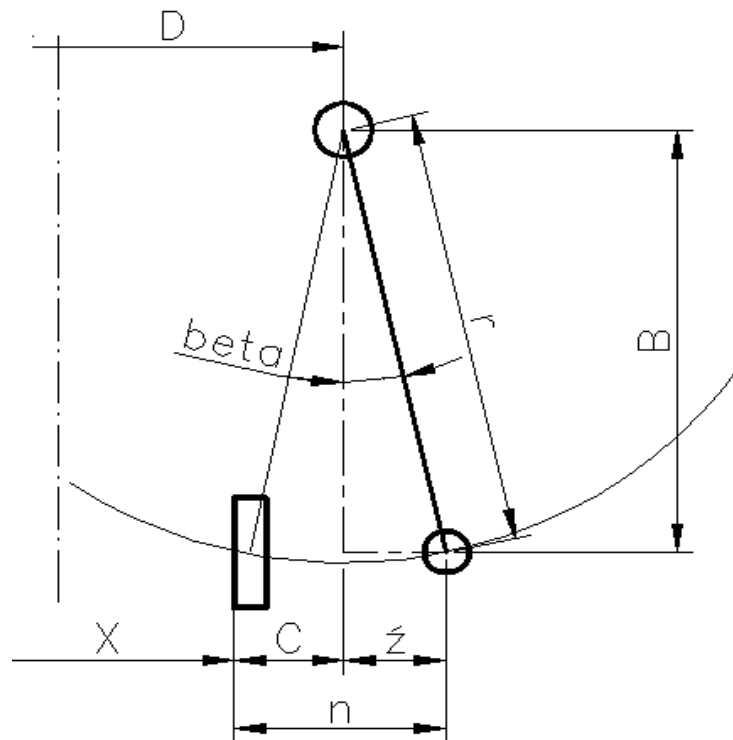
Z matematické úpravy vyplývá:

$$\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1 \Rightarrow \cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{z^2}{r^2}} \quad (27)$$

Zpětným dosazením do vzorce pro rozměr B:

$$B = r \cdot \sqrt{1 - \frac{z^2}{r^2}} \quad (28)$$

Odvození závislosti rozměru vzdálenosti mezi čelistmi X ke vzdálenosti čepů D, pro minimální šířku břemene.



Obrázek 6.14 Minimální uchopení břemene

Určení hodnoty C a následným dosazením do vzorce

$$D = X + 2 \cdot C \Rightarrow C = \frac{D - X}{2} \quad (29)$$

kde:

D – vzdálenost čepů [mm]

C - rozměr od otočného čepu k čelistem [mm]

n – vzdálenost od čelistí k čepu uchycení [mm]

$$z' = n - C = n - \frac{D - X}{2} \quad (30)$$

$$B = r \cdot \sqrt{1 - \frac{n - C}{r^2}} = r \cdot \sqrt{1 - \frac{\left(n - \left(\frac{D - X}{2}\right)\right)^2}{r^2}} \quad (31)$$

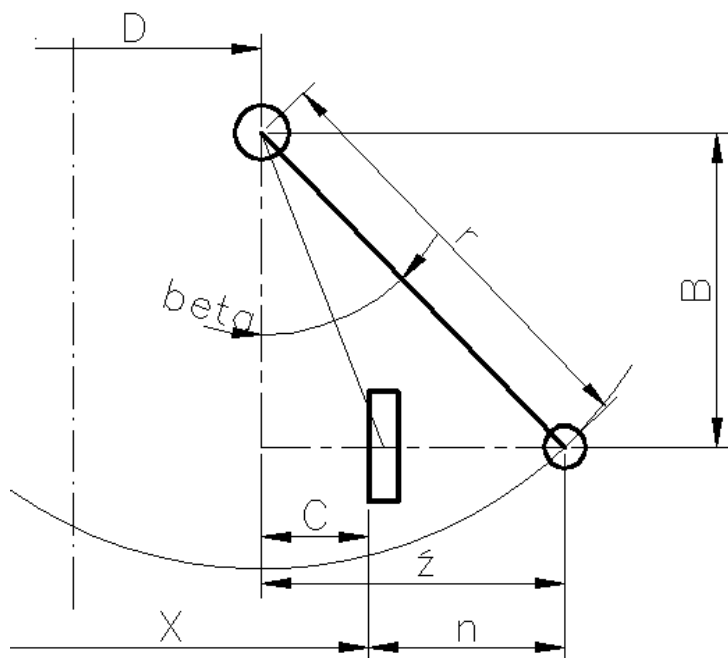
Dosazením hodnoty B do výsledného vzorce pro výpočet svěrné síly  $F_N$ .

$$F_N = \left( \frac{A_0 + \sin \alpha \cdot \frac{D}{2}}{2 \cdot \sin \alpha \cdot r \cdot \sqrt{1 - \frac{\left(n - \left(\frac{D - X}{2}\right)\right)^2}{r^2}}} - \frac{D - X}{4 \cdot r \cdot \sqrt{1 - \frac{\left(n - \left(\frac{D - X}{2}\right)\right)^2}{r^2}}} \right) \cdot G \quad (32)$$

kde:

$A_0$  – horní část délky ramene A [mm]

Odvození závislosti rozměru vzdálenosti mezi čelistmi  $X$  ke vzdálenosti čepů  $D$ , pro maximální šířku břemene.



Obrázek 6.15 Maximální uchopení břemene

Určení hodnoty  $C$  a následným dosazením do vzorce

$$X = D + 2 \cdot C \Rightarrow C = \frac{X - D}{2} \quad (33)$$

$$z' = n + C = n + \frac{X - D}{2} \quad (34)$$

$$B = r \cdot \sqrt{1 - \frac{n + C^2}{r^2}} = r \cdot \sqrt{1 - \frac{\left(n + \left(\frac{X - D}{2}\right)\right)^2}{r^2}} \quad (35)$$

Dosazením hodnoty B do výsledného vzorce pro výpočet svěrné síly  $F_N$ .

$$F_N = \left( \frac{A_0 + \sin \alpha \cdot \frac{D}{2}}{2 \cdot \sin \alpha \cdot r \cdot \sqrt{1 - \frac{\left(n + \left(\frac{X-D}{2}\right)\right)^2}}{r^2}} + \frac{X-D}{4 \cdot r \cdot \sqrt{1 - \frac{\left(n + \left(\frac{X-D}{2}\right)\right)^2}}{r^2}} \right) \cdot G \quad (36)$$

Závislost rozměrů vzdálenosti čelistí a vzdálenosti čepů vychází z:

$$\begin{aligned} B &= r \cdot \sqrt{1 - \frac{z'^2}{r^2}} \Rightarrow \frac{B}{r} = \sqrt{1 - \frac{z'^2}{r^2}} \quad /2 \\ \frac{B^2}{r^2} &= 1 - \frac{z'^2}{r^2} \\ \frac{z'^2}{r^2} &= 1 + \frac{B^2}{r^2} \quad /r^2 \\ z'^2 &= r^2 + B^2 \Rightarrow z = \sqrt{r^2 + B^2} \end{aligned} \quad (37)$$

Pro minimální šířku břemene

$$\begin{aligned} n - \frac{D-X}{2} &= \sqrt{r^2 + B^2} \\ D-X &= 2 \cdot n + \sqrt{r^2 + B^2} \\ D &= X + 2 \cdot n + \sqrt{r^2 + B^2} \end{aligned} \quad (38)$$

Pro maximální šířku břemene

$$\begin{aligned} n + \frac{X-D}{2} &= \sqrt{r^2 + B^2} \\ X-D &= 2 \cdot \sqrt{r^2 + B^2} - n \\ D &= X - 2 \cdot \sqrt{r^2 + B^2} - n \end{aligned} \quad (39)$$

## 7 Analýza vlivu svěrné síly na odlehlosti roztečí čepů ramen

Počáteční úvahy ve výpočtech, ze kterých jsem vycházel pro určení závislosti mezi rozměry vzdálenosti čelistí a vzdálenosti čepů byli z výsledné matematické rovnice svěrné síly  $F_N$ .

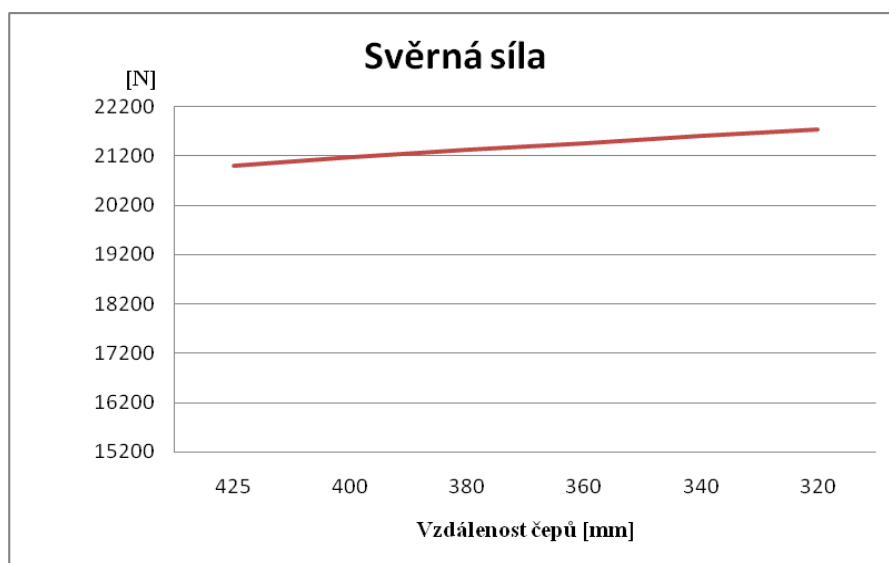
Pomocí programu Excel, který je součástí přílohy CD k diplomové práci, jsem sestavil matematické rovnice a tabulky k analýze vlivů roztečí čepů, působící na svěrnou sílu  $F_N$ , ve které musí zároveň platit i podmínka pro koeficient bezpečnosti  $k \geq 1,5$ .

Pro maximální rozměr břemene 500 mm o hmotnosti 1000 kg.

V tomto případě úhel sevření  $\alpha = 20^\circ$ , gravitační tíha  $G = 9810$  N, výška uchopení B při max. rozměru X je konstantní.

Tabulka 7.1

Rozměr břemene X [mm]	A [mm]	B [mm]	D [mm]	k [1]	C [mm]	$F_N$ [N]
500	500	350	425	2,14	37,5	21013,05
500	500	350	400	2,16	50	21188,23
500	500	350	380	2,17	60	21328,37
500	500	350	360	2,19	70	21468,52
500	500	350	340	2,2	80	21608,66
500	500	350	320	2,22	90	21748,8



Graf 7.1

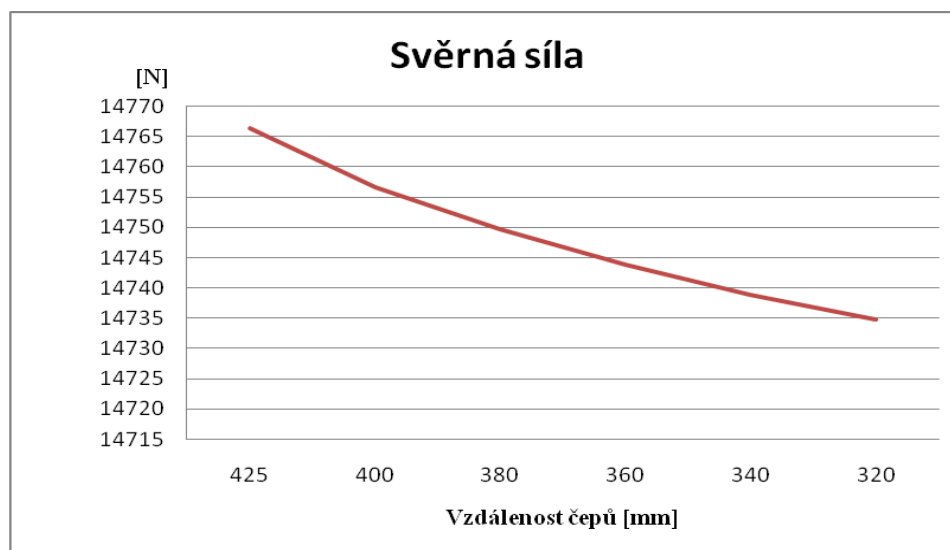
Z grafu je patrné, že svěrná síla kleští s čepy uloženými do rozměru pro uchopení břemene o rozměru 500 mm vzrůstá, čím blíže jsou k sobě čepy pro spodní ramena.

Pro minimální zvolený rozměr břemene 250 mm o hmotnosti 1000 kg.

V tomto případě úhel sevření  $\alpha = 40^\circ$ , rozměr A pro břemeno 250 mm je v tabulce přepočten z rozměru A úhlu  $\alpha = 20^\circ$ , z břemene 500 mm. Rovněž rozměr B zde nebude 350 mm jak v předchozím případě, ale bylo jej nutné přepočíst. Gravitační tíha  $G = 9810 \text{ N}$ ,  $n = 180 \text{ mm}$ .

Tabulka 7.2

Rozměr břemene X [mm]	A [mm]	B [mm]	D [mm]	k [1]	C [mm]	$F_N$ [N]
250	833,30	401,56	425	1,505	87,5	14766,41
250	832,24	405,43	400	1,504	75	14756,57
250	831,39	408,50	380	1,504	65	14749,79
250	830,54	411,55	360	1,503	55	14743,94
250	829,68	414,58	340	1,502	45	14738,93
250	828,83	417,58	320	1,502	35	14734,8



Graf 7.2

V tomto grafu je znázorněn zcela odlišný případ, kdy čepy nezasahují do rozměru uchopeného břemene, ale jsou dále od osy symetrie kleští, tím pádem svěrná síla klesá.

Porovnáme-li oba případy vzdálenosti čepů uchycení spodních ramen pro břemeno o stejné hmotnosti je patrné, že v případě pro rozměr 500 mm čím více jsou čepy blíže ke středu symetrie kleští, svěrná síla roste. Také záleží na více zvolených rozměrech, které vstupují do výpočtu a od kterých se ovlivňuje velikost svěrné síly.

Prostřednictvím programu Excel jsou zpracovány vlivy různých rozměrů na jejich únosnost pro různé vzdálenosti čepů. Na počátek jsem si zvolil rozteče čepů od 250 do 750 mm, pro které se zjišťují různé vlivy. Úhel uchopení mezi horními a dolními rameny  $\alpha = 20^\circ$ , dále je zapotřebí si určit rozměry, které mohou být zároveň konstantní i proměnné ke zjištění určitých vlivů na svěrnou sílu.

Pro rozměr břemene 500 mm, maximální hmotnosti 1000 kg a při zvolených rozměrech  $r = 450$  mm,  $n = 200$  mm,  $A_0 = 500$  mm, jsou hodnoty a graf svěrné síly uvedeny v příloze C.

Pro rozměr břemene 500 mm, maximální hmotnosti 1000 kg a konstantní rozměr  $A = 500$  mm,  $r = 450$  mm,  $n = 200$  mm, jsou hodnoty a graf svěrné síly uvedeny v příloze D.

Pro rozměr břemene 500 mm, maximální hmotnosti 1000 kg a konstantní rozměr  $A = 200$  mm,  $r = 450$  mm,  $n = 200$  mm, jsou hodnoty a graf svěrné síly uvedeny v příloze E. Je zde ukázáno jaká závislost svěrné síly závisí na délce zvoleného rozměru A.

Pro rozměr břemene 500 mm, maximální hmotnosti 1000 kg a konstantní rozměr  $A_0 = 500$  mm,  $r = 300$  mm,  $n = 200$  mm, jsou hodnoty a graf svěrné síly uvedeny v příloze F.

Pro rozměr břemene 500 mm, maximální hmotnosti 1000 kg a konstantní rozměr  $A_0 = 500$  mm,  $r = 450$  mm,  $n = 50$  mm, jsou hodnoty a graf svěrné síly uvedeny v příloze G.

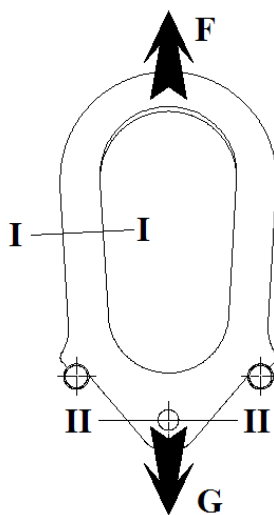
Jak je zřejmé na uvedených tabulkách a grafech v příloze, tak pro každý zaměřený rozměr na kleštích se celkově projeví na jejich svěrné síle, kterou svírá uchopené břemeno.



## 8 Výpočty funkčních částí

V horních ramenou kleští z hlediska zatížení, jsou zde v tomto případě pouze tahové síly  $F_Z$ , které se odvíjí od síly  $F$  v závěsném oku až po svěrné spojení na konci horních ramen k ramenům dolním. Spodní ramena kleští jsou čepově uložena v nepohyblivém domku opatřený dosedací plochou.. Nejvíce zatíženými částmi celých kleští na ohyb jsou právě spodní ramena kleští v místě upevnění v čepech otáčení. Délka zatížené části spodních ramen není konstantního průřezu. Proto je potřeba vyřešit jednotlivé průřezy v daných místech zatížení pro jednotlivé druhy namáhání.

### Výpočet závěsného oka kleští



Obrázek 8.1 Místa zatížení na závěsném oku

K místu I-I

$$S = b \cdot h = 20 \cdot 25 = 500 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{2 \cdot S} = \frac{9810}{2 \cdot 500} = 9,81 \text{ MPa} \quad (40)$$

K místu II-II

$$S = b \cdot h - d = 20 \cdot 52,7 - 13 = 794 \text{ mm}^2$$

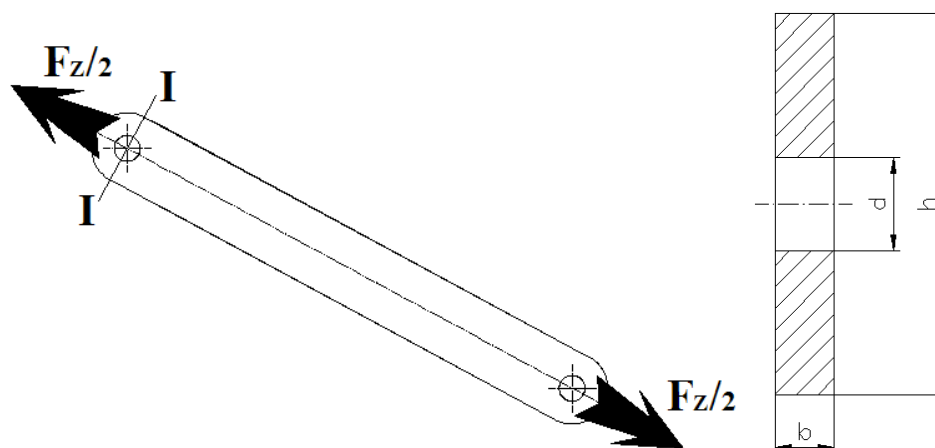
$$\sigma = \frac{G}{S} = \frac{9810}{794} = 12,36 \text{ MPa} \quad (41)$$

$$\sigma_D = \frac{Re}{k} = \frac{284}{1,5} = 189,3 \text{ MPa}$$

### Výpočet průřezu horního ramene kleští

Jelikož použijí pro každou stranu dvě totožná ramena o tloušťce  $b=10\text{mm}$  počítám se zatížením tažné síly v každém rameni  $\frac{F_z}{2}$ . Kritický průřez ramene je v místě uchycení čepu

I-I.



Obrázek 8.2 Místa zatížení na horním rameni

Pro místo I-I v místě uchycení čepem

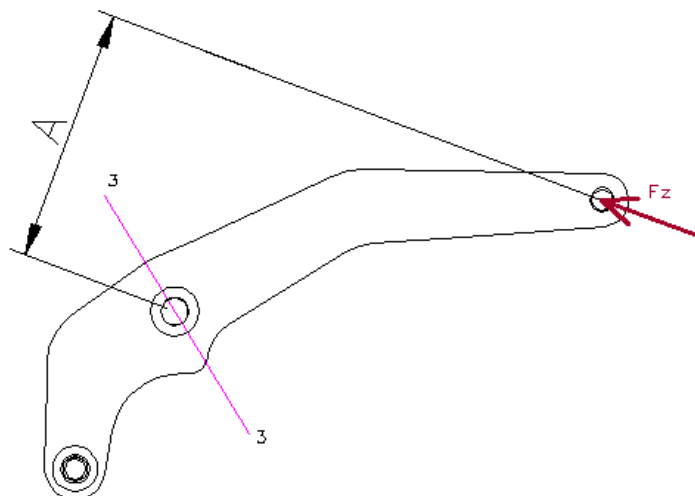
$$S = \frac{h-d}{2} \cdot b = \frac{40-13}{2} \cdot 10 = 135 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F_z}{2 \cdot S} = \frac{14341,3}{2 \cdot 135} = 53,12 \text{ MPa} \quad (42)$$

$$\sigma_D = \frac{Re}{k} = \frac{284}{1,5} = 189,3 \text{ MPa}$$

Při návrhu rozměru ramen by v jednotlivých řezech neměl poměr  $\frac{h}{b}$  přesáhnout 6-ti násobek.

Výpočet ohybového momentu pro místo 3-3

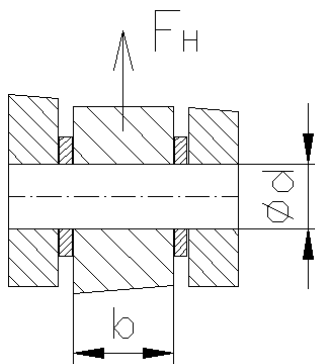


Obrázek 8.3 Řez místem 3-3

$$\tau = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_z \cdot A}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{14341,3 \cdot 350}{\frac{40 \cdot 79^2}{6}} = 120,6 \text{ MPa} \quad (43)$$

$$\tau_D = \frac{Re}{k} = \frac{284}{1,5} = 189,33 \text{ MPa}$$

Čepy v místě uložení ramen jsou namáhány silou  $F_H$



Obrázek 8.4 Namáhání od síly  $F_H$

$$F_H = \frac{F_z \cdot \cos \alpha \cdot A \cdot \sin \alpha + B + \sin \alpha \cdot A \cdot \cos \alpha + C}{B} \quad (44)$$
$$F_H = \frac{14341,3 \cdot \cos 20 \cdot 350 \cdot \sin 20 + 237,2 + \sin 20 \cdot 350 \cdot \cos 20 + 25}{237,2} = 20278,03 N$$

Kontrola na otláčení ve spodním rameni tloušťky 40 mm

$$p = \frac{F_H}{b \cdot d} \leq p_D \quad (45)$$
$$p = \frac{F_H}{b \cdot d} = \frac{20278,03}{40 \cdot 21} = 24,14 \text{ MPa}$$

Kontrola na střih

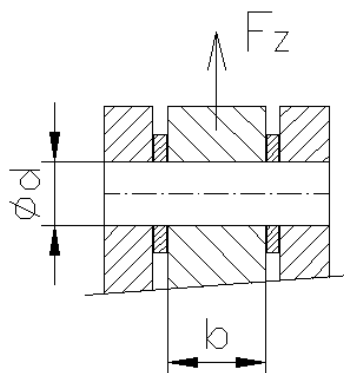
$$\tau_s = \frac{F_H}{S} = \frac{F_H}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{20278,03}{\frac{\pi \cdot 21^2}{4}} = 58,55 \text{ MPa} \quad (46)$$
$$\tau_D = \frac{Re}{k} = \frac{284}{1,5} = 189,33 \text{ MPa}$$

Kontrola na otláčení v rameni 2 x tloušťky 20 mm

$$p = \frac{F_H}{2 \cdot b \cdot d} \leq p_D \quad (47)$$
$$p = \frac{F_H}{2 \cdot b \cdot d} = \frac{20278,03}{2 \cdot 20 \cdot 21} = 24,14 \text{ MPa}$$

## Kontrola na stříh

V místě stříhu čepu v horní části dolního ramene počítám se posouvající silou  $F_Z$

Obrázek 8.5 Namáhání od síly  $F_Z$ 

$$\tau_s = \frac{F_Z}{S} = \frac{F_Z}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{14341,3}{\frac{\pi \cdot 13^2}{4}} = 108,05 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = \frac{Re}{k} = \frac{284}{1,5} = 189,33 \text{ MPa}$$
(48)

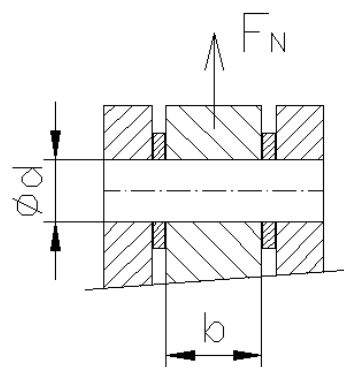
## Kontrola na otláčení

$$p = \frac{F_Z}{b \cdot d} \leq p_D$$

$$p = \frac{F_Z}{b \cdot d} = \frac{14341,3}{20 \cdot 13} = 55,2 \text{ MPa}$$
(49)

## Čepy v místě uchycení čelistí k dolním ramenům

Kontrola na otláčení v rameni tloušťky 40 mm

Obrázek 8.6 Namáhání od síly  $F_N$

$$p = \frac{F_N}{b \cdot d} \leq p_D$$
$$p = \frac{F_N}{b \cdot d} = \frac{21782,3}{40 \cdot 17} = 32,04 \text{ MPa} \quad (50)$$

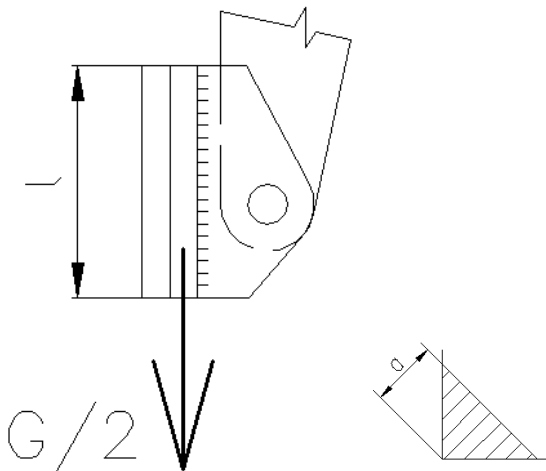
Kontrola na střih

$$\tau_s = \frac{F_N}{S} = \frac{F_N}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{21782,3}{\frac{\pi \cdot 17^2}{4}} = 95,97 \text{ MPa}$$
$$\tau_D = \frac{Re}{k} = \frac{284}{1,5} = 189,33 \text{ MPa} \quad (51)$$

## 8.1 Svařitelnost kovu

Jednou z důležitých technologických vlastností materiálu je jejich svařitelnost, tj. schopnost vytvořit svařováním spoj požadované jakosti. Na svařitelnost má vliv nejen svařovaný materiál, ale i technologický způsob svařování, použitý přídavný materiál, množství tepla přivedeného do svaru, tvar a tloušťka svařovaných součástí a další faktory. Ve svařovaném materiálu v důsledku nerovnoměrného ohřevu na vysoké teploty vznikají vnitřní napětí a případně změny ve struktuře. Svařitelnost nelegovaných konstrukčních ocelí (třídy 10, 11, 12) závisí zejména na obsahu uhlíku. Se stoupajícím obsahem uhlíku se zvětšuje pevnost, tvrdost oceli, klesá však její houževnatost.

Výpočet bočního koutového svaru v místě uchycení čelistí k tělesu háku. Tento svar je namáhán na smyk od síly  $\frac{G}{2}$ . Odpovídající smykové napětí  $\tau_{||}$  se určí v místě nejmenšího průřezu svaru. Smykové napětí je rovnoběžné se směrem svaru.



Obrázek 8.4 Namáhány svar

Výpočet smykového napětí

$$\tau_{||} = \frac{\frac{G}{2}}{4 \cdot S_{sv}} = \frac{\frac{G}{2}}{4 \cdot l \cdot a} = \frac{\frac{9810}{2}}{4 \cdot 100 \cdot 4} = 3,07 \text{ MPa}$$

Dovolené namáhání svaru

$$\tau_{Dsv||} = k_{TS||} \cdot \tau_D = 0,65 \cdot 189,3 = 123,1 \text{ MPa}$$

$k_{TS||}$  – převodní součinitel bezpečnosti = 0,65 [1] (dle literatury [3])

## 9 Závěr

Cílem diplomové práce byl návrh samosvorných kleští, přitom byla snaha nalézt matematické vyjádření rovnic k optimalizaci celkových i jednotlivých rozměrů samosvorných kleští a tím přispět pro snadnější návrh tohoto celého zařízení. Základní úvaha, ze které se vycházelo, byla rovnice svěrné síly, z které se pak navazovalo na závislostech rozměrů. Také bylo zapotřebí si určit z obrázků a logického myšlení rozměry, které by pomohly k usnadnění práce a tím získání potřebného výsledku.

V prvopočátku byla snaha najít řešení celého problému jednou matematickou rovnicí, ovšem nevedlo to k výsledku se zdárným koncem. Proto bylo potřeba přistoupit k více složitějšímu řešení a odvodit si jednotlivé rozměry pro vyřešení těchto matematických vztahů. K výpočtu funkčních rozměrů jednotlivých ramen, bylo zapotřebí si tato ramena nejdříve zakreslit a poté rozdělit na více částí. Z těchto jednotlivých částí se pak dále po dosazení hodnot do příslušných rovnic a následně pak do rovnice svěrné síly vypočetla velikost síly působící na uchopené břemeno, kde byla podmínkou bezpečnost vyšší než 1,5.

Po provedení všech kroků uvedených výše a poté na základě provedené analýzy vzdálenosti čepů od rozměru čelistí bylo zjištěno, že svěrná síla roste přiblížením čepů ke středu symetrie kleští pro maximální rozměr uchopeného břemene. Je-li však břemeno menších rozměrů než samotná vzdálenost čepů, pak svěrná síla klesá. Při návrhu byl brán také ohled na požadavek ze strany firmy, který se týká rozměrové minimalizace zařízení. K usnadnění výpočtů svěrné síly by mohl přispět i program, který byl vytvořen k účelům diplomové práce, jenž je její součástí.



## Použitá literatura

- [1] ČILLÍK, L., ŽARNAY, M. *Metodika konštruovania*. 1. vydání. Žilina: ŽU, 2002. 191 s. ISBN 80-7100-934-2.
- [2] HLAVENKA, B. *Manipulace s materiálem*. 1. vydání. Brno: VUT, 1990. 164 s. ISBN 80-214-0068-4.
- [3] HOSNEDL, S.; KRÁTKÝ J. *Příručka strojního inženýra Obecné spoje části 1*. 1. vydání. Praha: Computer Press, 1999. 356 s. ISBN 80-7226-055-3.
- [4] JANDOUSH, V. *Manipulační zařízení*. 1. vydání. Bratislava: ALFA, 1981. 334 s. ISBN 63-727-81.
- [5] JEŘÁBEK, K. *Metodika konstruování*. 1. vydání. Praha: ČVUT, 1982. 60 s.
- [6] PAVLISKA, J.; HRABOVSKÝ, L. *Dopravní a manipulační zařízení IV*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 133 s. ISBN 80-248-0537-5.
- [7] ŽIARAN, S. *Technická mechanika statika*. 1. vydání. Bratislava: STU Bratislava, 2003. 366 s. ISBN 80-227-1863-7.
- [8] Firemní materiály Prestar, s. r. o., Opava

## Internetové stránky

- [9] *Metallan* [online]. 2010 [cit. 2010-02-18]. Manipulační technika. Dostupné z WWW: <[www.metallan.cz](http://www.metallan.cz)>.
- [10] *Uniman* [online]. 2010 [cit. 2010-03-20]. Kleště. Dostupné z WWW: <[www.uniman.cz](http://www.uniman.cz)>.

## Seznam příloh

Příloha A	Tabulka vlastností oceli 11 523
Příloha B	Tabulky doporučeného použití tvářené oceli 11 523
Příloha C	Rozměr břemene při zvolených rozměrech $r = 450 \text{ mm}$ , $n = 200 \text{ mm}$ , $A_0 = 500 \text{ mm}$
Příloha D	Rozměr břemene při konstantních rozměrech $r = 450 \text{ mm}$ , $n = 200 \text{ mm}$ , $A = 500 \text{ mm}$
Příloha E	Rozměr břemene při zvolených rozměrech $r = 450 \text{ mm}$ , $n = 200 \text{ mm}$ , $A = 200 \text{ mm}$
Příloha F	Rozměr břemene při zvolených rozměrech $r = 300 \text{ mm}$ , $n = 200 \text{ mm}$ , $A = 500 \text{ mm}$
Příloha G	Rozměr břemene při zvolených rozměrech $r = 450 \text{ mm}$ , $n = 50 \text{ mm}$ , $A = 500 \text{ mm}$
Příloha H	Výkres sestavy samosvorných kleští
Příloha I	Dílenský výkres ramene kleští

Tabulka vlastností oceli 11 523

Značka	Skupina	Chemické složení v %					Použitelnost Oceli nelegované tř. 11	Prov.	Výrobek	Stav	Re min [MPa]	Rm min [MPa]	HV max
ČSN	Charakte- ristika	C	Mn	Si	P	S							
EN Č. mat. DIN ISO		Ostatní prvky											
		Přídavné svařovací materiály											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
11 523	Q	max 0,20	max 1,60	max 0,55	max 0,040	max 0,040	Konstrukční jakostní, jemnozrnná ocel vhodná ke svařování.  Mostní a jiné svařované konstrukce namáhané staticky i dynamicky. Ohýbané profily, svařované konstrukce z dutých profilů a trubek.  Na součásti strojů, automobilů, motocyklů a jízdních kol.  Spirální skříně vodních turbín. Svařované, resp. nýtované trupy říčních námořních plavidel.  Vhodná na součásti tepelných energetických zařízení a součástí tlakových nádob podle ČSN 69 0010.	a	tvar. tyče, ≤16 dráty, >16 plechy	.0	355	490	178
S355J0 1.0553 St52-3U Fe510C	pro ocelové konstrukce, vhodná ke svařování	max N: 0,009%									345	490	178
		Svařování obloukové: E 42 3 B (E-B 124) E 46 2 B (E-B 125) E 42 A MnMo B (E-B 304)							.1	355	490	178	
										345	490	178	
										315	490	178	
										275	450	178	
										315	490	185	
										285	450	178	
										002	b	tyče ≤16 ≤40 ≥40	.0
	430	560	245										
	410	540	236										
	c	pásky a pruhy	.20	295	450	171							
				.21	315	490		178					
		d	tyče	.1	315	490		178					



## Tabulky doporučeného použití tvářené oceli 11 523

ČSN 41 1523

STN 41 1523

Nelegovaná konstrukční jemnozrná

ocel vhodná ke svařování

OCEL

11 523

Chemické složení [hm. %]

C	Mn	Si	P	S	N
max 0,20	max 1,60	max 0,55	max 0,040	max 0,040	max 0,009

Polotovary

[1] tyče válcové za tepla	[8] výkovky
[2] tyče tvarové válcované za tepla	[9] tyče tažené za studena
[3] dráty válcované za tepla	[10] pásy a pruhy válcované za studena
[4] tlusté plechy válcované za tepla	[11] duté profily tvářené za tepla nebo za studena
[5] široká ocel válcovaná za tepla	[12] duté profily svařované,
[6] tenké plechy válcované za tepla	tvářené nebo tažené za studena
[7] pásy válcované za tepla	

Mechanické vlastnosti

Polotovary	[1]							
Rozměr d, t [mm]	≤ 16	16-40	40-63	63-80	80-100	100-150	150-200	> 200
Stav	.1							
Mez kluzu $R_{0.2}$ [MPa] min	355	345	335	325	315	295	285	275
Mez pevnosti $R_m$ [MPa]	490-630					470-630	450-630	
Tažnost $A_5$ [%] podél míp	22	21	20			18	17	
Nárazová práce $KV_{0.5}$ [J] min	27					—		
Modul pružnosti E [GPa]	206							

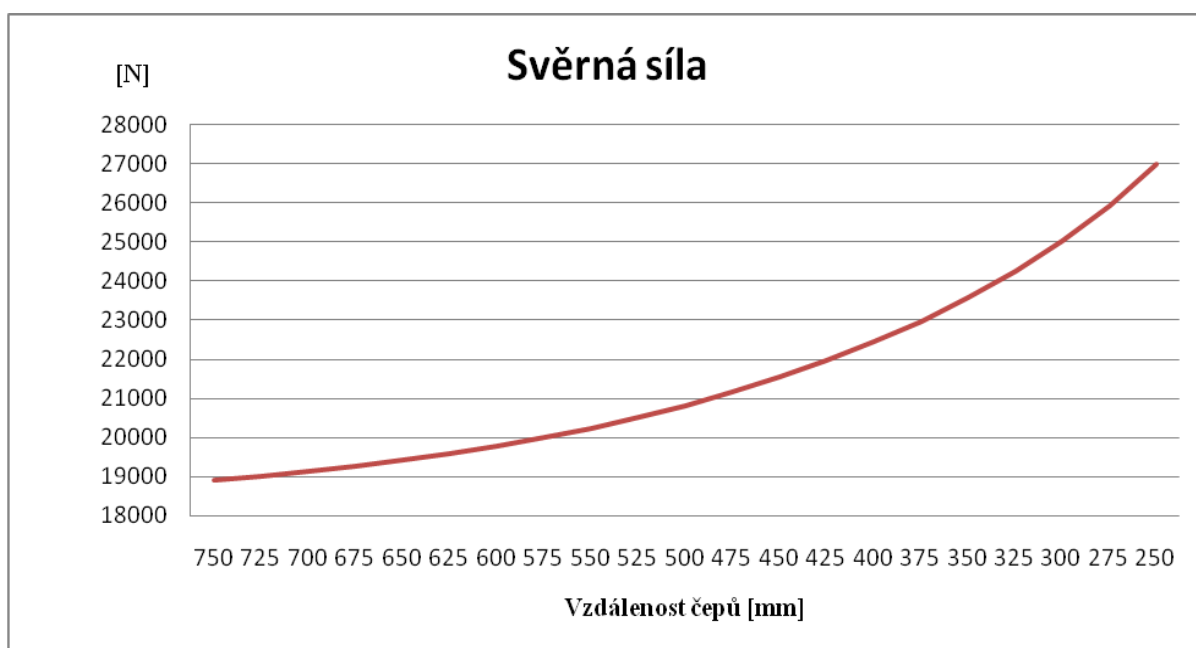
Polotovary	[2] [3]		[4]					
Rozměr d, t [mm]	≤ 16	> 16	3-16	16-40	40-63	63-80	80-100	> 100
Stav	.0		.1			.1 nebo .5		
Mez kluzu $R_{0.2}$ [MPa] min	355	345	355	345	335	325	315	295
Mez pevnosti $R_m$ [MPa]	490-630		490-630				470-630	
Tažnost $A_5$ [%] min	22	podél	napříč 20		napříč 19		napříč 18	—
Nárazová práce $KV_{0.5}$ [J] min	—	27	27					

Polotovary	[8]					
Rozměr d, t [mm]	< 40	40-63	63-80	80-100	100-150	150-200
Stav	.1					
Mez kluzu $R_0$ [MPa] min	345	335	325	315	295	285
Mez pevnosti $R_m$ [MPa]	490-630				470-630	450-630
Tažnost $A_5$ [%] podél min.	22	21	20		18	17

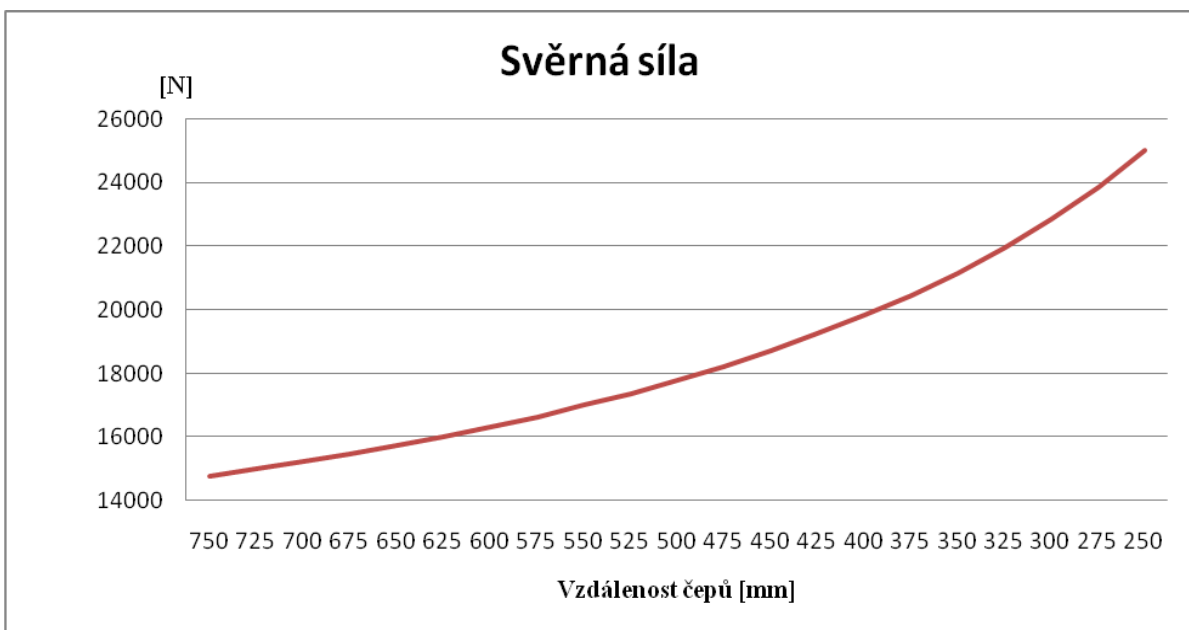
Mez kluzu $R_0$ [MPa] min za zvýšených teplot	100°C	200°C	300°C	400°C
polotovary [4] tl. 3-16 mm	315	285	255	205
polotovary [4] tl. 16-63 mm	295	265	235	195

Fyzikální vlastnosti						
Hustota $\rho$ [kg · m <sup>-3</sup> ]	Měrná tepelná kapacita $C_p$ [J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Teplotní součinitel roztažnosti $\alpha$ [K <sup>-1</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda_1$ [W.m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]		Konduktivita $\lambda_2$ [ MS.m <sup>-1</sup> ]	
7 850	458	11,7.10 <sup>-6</sup>	53,4		5,9	
Odolnost proti degradačním procesům						
ODOLNOST PROTI KOROZI	ODOLNOST PROTI ÚNAVĚ		ODOLNOST PROTI KŘEHKÉMU LOMU			
	Mez únavy při ohybu za rotace [MPa]		Lomová houževnatost $J_{IC}$ [KJ.m <sup>-2</sup> ]		Teplota nulové houževnatosti [°C]	
běžná	324		-50 °C -70 °C -90 °C	60 80 75	výkovky  plech výkovky	-35 -30
Technologické údaje						
TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ						
normalizační žíhání	870-900 °C	ochlazovat na vzduchu, tlusté průřezy zrychleně				
žíhání na měkko	680-710 °C	zvolna ochlazovat				
žíhání ke snížení prnutí	600-650 °C	zvolna ochlazovat				
popouštění	670-700 °C	ochlazovat na vzduchu				
teploty přeměn	$A_{c1} \sim 712-738$ °C	$A_{c3} \sim 839-870$ °C	$A_{c3} \sim 831-743$ °C	$A_{r1} \sim 663-590$ °C		
TVAŘITELNOST						
Třída tvařitelnosti za tepla: 1		teploty tváření 1150-800 °C				
SVAŘITELNOST						
podle ČSN 05 1309 vhodná ke svařování max. hodnotu uhlíkového ekvivalentu $C_e$ lze dohodnout						
Doporučený přídatný materiál pro svařování:						
el. obloukem ručně	elektroda EMn2Mo-20B	E 52. 33	E 48.93			
OBROBITELNOST						
soustružení, hoblování		frézování vrtání				
tyče stav .1 .5		14b		14b		
Použití						
Mostní a jiné svařované konstrukce, ohýbané profily, svařované konstrukce z dutých profilů a součástí strojů, automobilů, motocyklů a jízdních kol. Součástí tepelných energetických zařízení a součástí tlakových nádob vyrobených z tyčí.						
Ostatní vlastnosti						
Druh oceli podle způsobu výroby		Barevné značení podle ČSN 42 0010		Třída odpadu podle ČSN 42 0300		
uklidněná jemnozrná		černá - zelená		001		

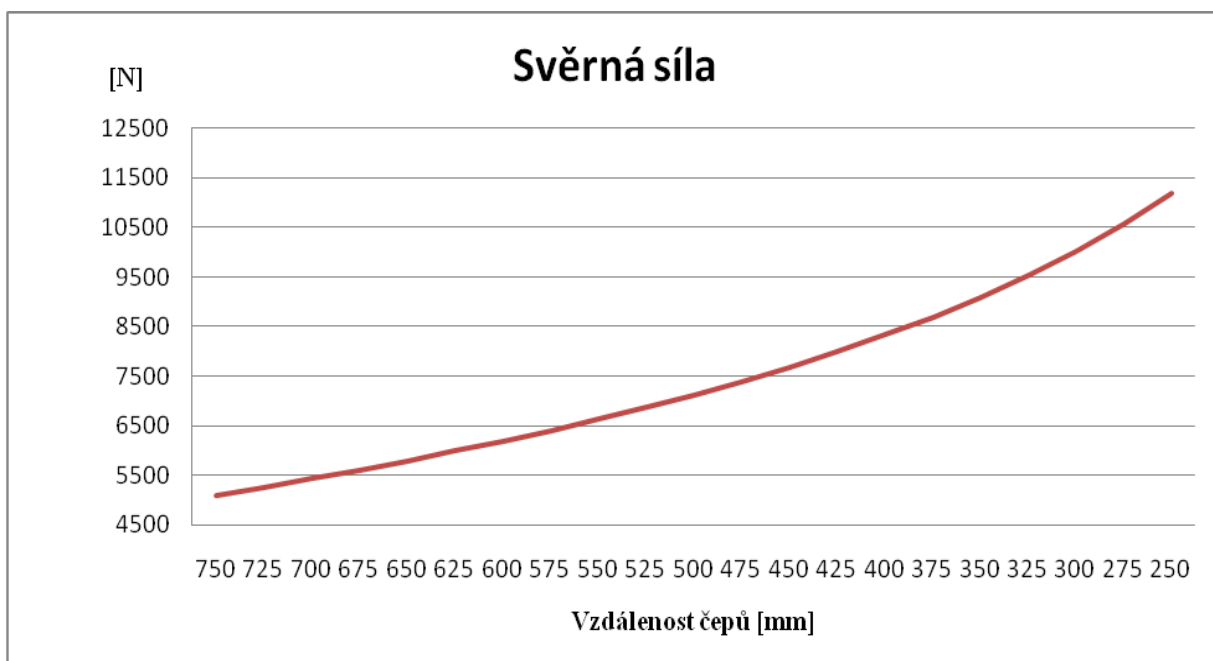
Rozměr břemene X [mm]	A [mm]	B [mm]	D [mm]	k [l]	C [mm]	F <sub>N</sub> [N]
500	628,26	443,71	750	1,93	125	18924,42
500	623,98	441,41	725	1,94	112,5	19022,81
500	619,71	438,75	700	1,95	100	19138,27
500	615,43	435,71	675	1,95	87,5	19271,69
500	611,16	432,29	650	1,98	75	19424,17
500	606,88	428,48	625	1,99	62,5	19596,97
500	602,61	424,26	600	2,02	50	19791,64
500	598,33	419,64	575	2,04	37,5	20009,95
500	594,06	414,58	550	2,07	25	20254,04
500	589,78	409,08	525	2,09	12,5	20526,42
500	585,51	403,11	500	2,12	0	20830,1
500	581,23	396,67	475	2,16	12,5	21168,65
500	576,96	389,71	450	2,19	25	21546,4
500	572,68	382,22	425	2,24	37,5	21968,59
500	568,40	374,17	400	2,29	50	22441,61
500	564,13	365,51	375	2,34	62,5	22973,38
500	559,85	356,19	350	2,40	75	23573,82
500	555,58	346,19	325	2,47	87,5	24255,5
500	551,30	335,41	300	2,55	100	25034,66
500	547,03	323,79	275	2,64	112,5	25932,64
500	542,75	311,25	250	2,75	125	26978,15



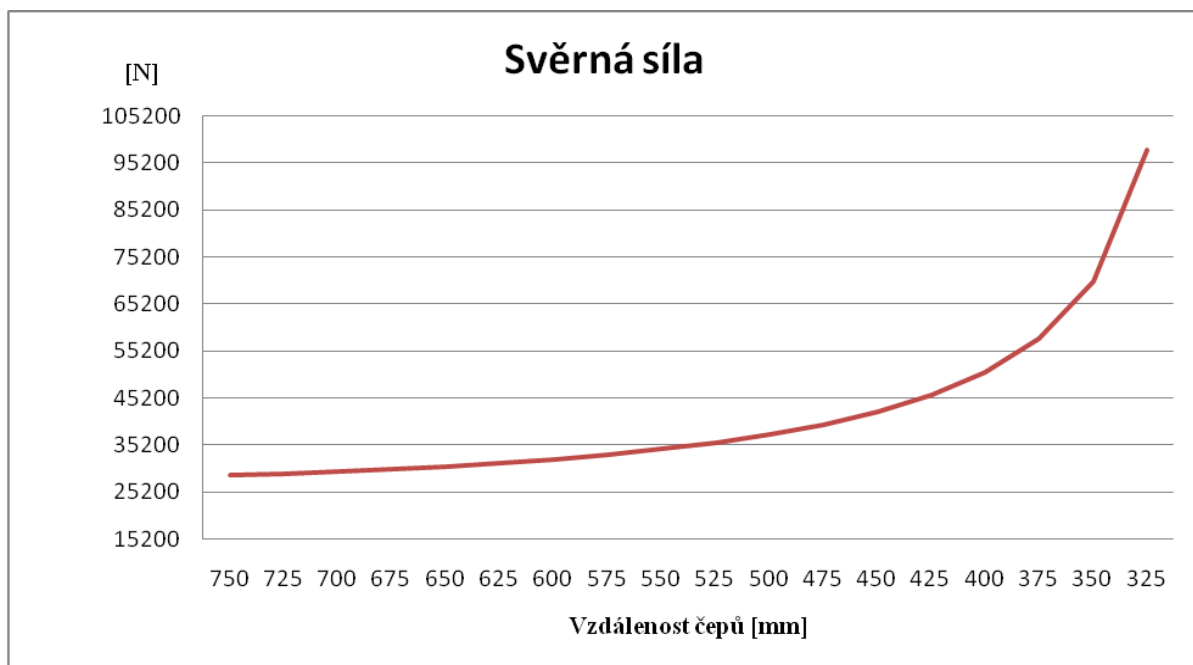
Rozměr břemene X [mm]	A [mm]	B [mm]	D [mm]	k [l]	C [mm]	F <sub>N</sub> [N]
500	500	443,71	750	1,51	125	14778,94
500	500	441,41	725	1,53	112,5	14994,68
500	500	438,75	700	1,55	100	15225,43
500	500	435,71	675	1,58	87,5	15472,29
500	500	432,29	650	1,60	75	15736,54
500	500	428,48	625	1,63	62,5	16019,64
500	500	424,26	600	1,66	50	16323,28
500	500	419,64	575	1,69	37,5	16649,44
500	500	414,58	550	1,739	25	17000,43
500	500	409,08	525	1,77	12,5	17378,94
500	500	403,11	500	1,81	0	17788,14
500	500	396,67	475	1,86	12,5	18231,83
500	500	389,71	450	1,91	25	18714,5
500	500	382,22	425	1,96	37,5	19241,61
500	500	374,17	400	2,02	50	19819,77
500	500	365,51	375	2,09	62,5	20457,17
500	500	356,19	350	2,16	75	21163,97
500	500	346,19	325	2,24	87,5	21953,08
500	500	335,41	300	2,33	100	22841,08
500	500	323,79	275	2,43	112,5	23849,73
500	500	311,25	250	2,55	125	25008,25



Rozměr břemene X [mm]	A [mm]	B [mm]	D [mm]	k [1]	C [mm]	F <sub>N</sub> [N]
500	200	443,71	750	0,52	125	5082,481
500	200	441,41	725	0,54	112,5	5247,806
500	200	438,75	700	0,55	100	5419,4
500	200	435,71	675	0,57	87,5	5597,9
500	200	432,29	650	0,59	75	5784,022
500	200	428,48	625	0,61	62,5	5978,573
500	200	424,26	600	0,63	50	6182,475
500	200	419,64	575	0,65	37,5	6396,78
500	200	414,58	550	0,68	25	6622,702
500	200	409,08	525	0,7	12,5	6861,646
500	200	403,11	500	0,73	0	7115,258
500	200	396,67	475	0,75	12,5	7385,473
500	200	389,71	450	0,78	25	7674,594
500	200	382,22	425	0,81	37,5	7985,382
500	200	374,17	400	0,85	50	8321,184
500	200	365,51	375	0,89	62,5	8686,11
500	200	356,19	350	0,93	75	9085,264
500	200	346,19	325	0,97	87,5	9525,092
500	200	335,41	300	1,02	100	10013,86
500	200	323,79	275	1,08	112,5	10562,41
500	200	311,25	250	1,14	125	11185,24



Rozměr břemene X [mm]	A [mm]	B [mm]	D [mm]	k [1]	C [mm]	F <sub>N</sub> [N]
500	628,26	290,47	750	2,95	125	28907,54
500	623,98	286,96	725	2,98	112,5	29261,91
500	619,71	282,84	700	3,03	100	29687,45
500	615,43	278,11	675	3,08	87,5	30192,94
500	611,16	272,72	650	3,12	75	30789,63
500	606,88	266,63	625	3,21	62,5	31492,15
500	602,61	259,81	600	3,3	50	32319,61
500	598,33	252,18	575	3,4	37,5	33297,43
500	594,06	243,67	550	3,51	25	34460,07
500	589,78	234,19	525	3,66	12,5	35855,39
500	585,51	223,61	500	3,83	0	37551,99
500	581,23	211,76	475	4,1	12,5	39652,17
500	576,96	198,43	450	4,32	25	42316,3
500	572,68	183,29	425	4,67	37,5	45813
500	568,40	165,83	400	5,16	50	50635,09
500	564,13	145,24	375	5,9	62,5	57815,07
500	559,85	119,89	350	7,14	75	70034,82
500	555,58	85,7	325	9,9	87,5	97984,87





Rozměr břemene X [mm]	A [mm]	B [mm]	D [mm]	k [1]	C [mm]	F <sub>N</sub> [N]
500	628,2576	443,7059837	750	1,929095	125	18924,42
500	623,9823	445,6385867	725	1,920729	112,5	18842,35
500	619,7071	447,2135955	700	1,913965	100	18776
500	615,4318	448,4347779	675	1,908753	87,5	18724,86
500	611,1565	449,3050189	650	1,905056	75	18688,6
500	606,8813	449,8263554	625	1,902848	62,5	18666,94
500	602,606	450	600	1,902114	50	18659,73
500	598,3308	449,8263554	575	1,902848	37,5	18666,94
500	594,0555	449,3050189	550	1,905056	25	18688,6
500	589,7803	448,4347779	525	1,908753	12,5	18724,86
500	585,505	447,2135955	500	1,913965	0	18776
500	581,2298	445,6385867	475	1,920729	12,5	18842,35
500	576,9545	443,7059837	450	1,929095	25	18924,42
500	572,6793	441,4110896	425	1,939125	37,5	19022,81
500	568,404	438,7482194	400	1,950894	50	19138,27
500	564,1288	435,7106264	375	1,964494	62,5	19271,69
500	559,8535	432,2904116	350	1,980037	75	19424,17
500	555,5783	428,4784125	325	1,997653	87,5	19596,97
500	551,303	424,2640687	300	2,017496	100	19791,64
500	547,0278	419,6352583	275	2,03975	112,5	20009,95
500	542,7525	414,5780988	250	2,064632	125	20254,04

